



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO
DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS
URBANAS DE JULIACA – 2025**

TESIS PRESENTADA POR:
RAUL PARICAHUA ANAHUI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

JULIACA – PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO
DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS
URBANAS DE JULIACA - 2025**

TESIS PRESENTADA POR:
RAUL PARICAHUA ANAHUI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: HIDRÁULICA

APROBADA POR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

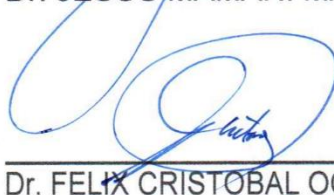
PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. JESUS MAMANI MAMANI

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0911-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 24 de diciembre del 2025

VISTOS:

El expediente N° 8059 presentado por el (la) Bachiller: **PARICAHUA ANAHUI RAUL** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: **PARICAHUA ANAHUI RAUL** con número de **DNI 30832214** con número de matrícula **1610901512** ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** para optar el **GRADO** de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **HIDRÁULICA** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**;

Que, mediante Resolución N°2013-2025 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°2376-2025-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN**.

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000628 de fecha: 16 de diciembre del 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico*;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), **TITULADO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** del (la) Bach: **PARICAHUA ANAHUI RAUL**, para optar el **GRADO** de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **HIDRÁULICA**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

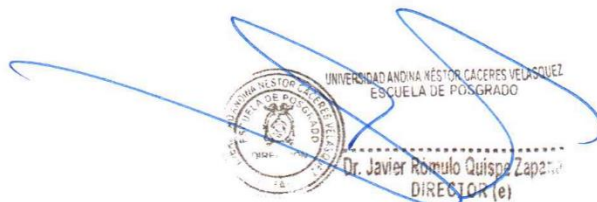
Presidente	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Primer miembro	: Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Segundo miembro	: Dr. JESUS MAMANI MAMANI
Asesor	: Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

Fecha	: Viernes, 26 de diciembre del 2025
Hora	: 05:30 p.m.
Lugar	: Aula N°208 Centro Comercial N° 03 UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - El Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Javier Romulo Quispe Zapata
DIRECTOR (e)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02376-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 10 de diciembre de 2025

VISTOS:

El Expediente N° 2025 -C-8505 de fecha 27 de noviembre de 2025, el (la) Bach. **PARICAHUA ANAHUI RAUL**, con DNI N° 30832214, código de matrícula N° 1610901512, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); **INFORME N° 002089-2025-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** del 10 de diciembre de 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2025 -C-8505 el (la) Bach. **PARICAHUA ANAHUI RAUL**, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51**, para optar el **GRADO** de **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **HIDRÁULICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 002089-2025-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** presentado por el (la) Bach. **PARICAHUA ANAHUI RAUL**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como **ASESOR** al (a) Dr. **FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO**.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.


UNIVERSIDAD ANDAHUAYLA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN
JULIACA - PERÚ
Dr. Javier Rómulo Quispe Zapana
DIRECTOR (e)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 002013-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 12 de noviembre del 2025

VISTOS:

El Expediente N° C-6578 de fecha 29 de octubre del 2025, el (la) Bach. PARICAHUA ANAHUI RAUL, con DNI N° 30832214, código de matrícula N° 1610901512, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 01769-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 13 de noviembre del 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° C-6578 el (la) Bach. PARICAHUA ANAHUI RAUL, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51**, para optar el **GRADO** de **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **HIDRÁULICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del **ASESOR Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO**, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la **DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 01769-2025-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025** presentado por el (la) Bach. PARICAHUA ANAHUI RAUL, para optar el **GRADO** de **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **HIDRÁULICA** en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER, como **ASESOR** al (a) **Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO**.

ARTÍCULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCION
Dr. Javier Rómulo Quispe Zapana
DIRECTOR (e)

Cc.
Arch. EPG 2025
Interesado
JRQZ/rchm



RAUL PARICAHUA ANAHUI

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA...

 TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:585286622

Fecha de entrega

1 may 2026, 9:29 GMT-5

Fecha de descarga

1 may 2026, 14:39 GMT-5

Nombre del archivo

T036_30832214_M.docx

Tamaño del archivo

91.2 MB

193 páginas

22.870 palabras

134.631 caracteres



9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

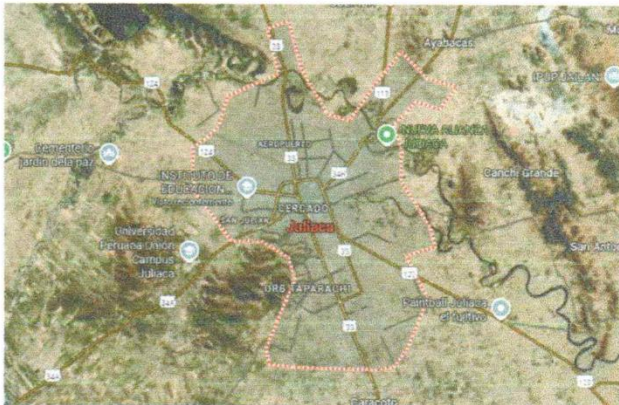
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios - UANCV

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA – 2025	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	RAUL PARICAHUA ANAHUI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	30832214
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-4027-2277
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02436114
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0655-8198
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9858-2464
Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	JESUS MAMANI MAMANI



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40492310
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-7372-6132
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología De La Construcción – P51
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas Longitud: -15.501559479149758 Latitud: -70.12796829025409 https://maps.app.goo.gl/LCnKC1DX7eKiq6zF9 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero del 2025 – Diciembre del 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN PALACIOS
ESCUELA DE POSTGRADOM.Sc. Julio C. Chucuyá Zúiga
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG.



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RAUL PARICAHUA ANAHUI, identificado con DNI
Nro. 30832214 en mi condición de egresado de:

- ☐ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☒ Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL - MENCIÓN: HIDRÁULICA

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS

EN VÍAS URBANAS DE JULIACA – 2025

Asesorado por: Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 16 de Marzo del 2026

FIRMA DEL ASESOR (obligatoria)

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios por otorgarme la vida y darme las
fuerzas para seguir adelante, a mis padres
y hermanos por su ejemplo y apoyo
incondicional.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a la plana docente quienes me impartieron sus conocimientos a lo largo de toda mi formación profesional.



INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Problema general.....	4
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3.1. Justificación Teórica:.....	6
1.3.2. Justificación Práctica:.....	6
1.3.3. Justificación Metodológica:	7
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1. Hipótesis General:.....	7
1.4.2. Hipótesis Específicas:	7
1.5. VARIABLES	8
1.5.1. Variable independiente:	8
1.5.2. Variable Dependiente:.....	8
1.5.3. Operacionalización de Variables.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	10
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes nacionales	15



2.1.3. Antecedentes locales	19
2.2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL:	22
2.2.1. Hidráulica aplicada en sistemas de drenaje urbano	22
2.2.2. Sistemas de drenaje urbano	22
2.2.3. Cunetas	23
2.2.4. Cunetas en sistemas de drenaje urbano	24
2.2.5. Cuneta bordillo o convencional	24
2.2.6. Comportamiento hidráulico	31
2.2.7. Drenaje pluvial en vías urbanas	31
2.2.8. Problemática del drenaje urbano en juliaca	32
2.2.9. Hidrología urbana y precipitaciones de diseño	33
2.2.10. Periodo de retorno (T_r)	33
2.2.11. Curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)	34
2.2.12. Coeficiente de escorrentía (C)	34
2.2.13. Caudal máximo: el método racional (Q)	35
2.2.14. Hidráulica de canales abiertos (cunetas)	36
2.2.15. Flujo uniforme y ecuación de manning	36
2.2.16. Coeficiente de rugosidad de manning (n)	37
2.2.17. Área hidráulica (A)	37
2.2.18. Radio hidráulico (R)	37
2.2.19. Pendiente hidráulica (S)	37
2.2.20. Definición y funcionamiento hidráulico de alcantarillas	38
2.2.21. Normativa legal:	42
2.2.22. Normativa Ambiental	46

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	49
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	50
3.4. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	50
3.5. MÉTODO	51
3.6. POBLACIÓN	51



3.7.	MUESTRA.....	51
3.8.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	52
3.8.1.	Técnicas e instrumentos	52
3.9.	LUGAR DEL ESTUDIO	53
3.10.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	66
3.10.1.	Procedimiento: análisis de la capacidad hidráulica de las cunetas en función de las precipitaciones	66
3.10.2.	Procedimiento: determinación de la eficiencia de las alcantarillas	67
3.10.3.	Procedimiento: identificación de deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento.....	68

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	RESULTADOS	70
4.1.1.	Resultado del objetivo específico 01	70
4.1.2.	Resultado del objetivo específico 02	84
4.1.3.	Resultado del objetivo específico 03	99
4.2.	DISCUSIONES.....	112
4.2.1.	Respecto a la Capacidad Hidráulica de las Cunetas (O.E.1).....	112
4.2.2.	Respecto a la Eficiencia de las Alcantarillas (O.E.2).....	114
4.2.3.	Respecto a las Deficiencias de Diseño, Construcción y Mantenimiento (O.E.3).....	115

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de operacionalización de variables	9
Tabla 2: Coeficientes de escorrentía método racional.....	35
Tabla 3: Resumen de normativa	48



INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Ubicación de la ciudad de Juliaca	54
Ilustración 2: Hidrología de Juliaca	56
Ilustración 3: Sectorización de la Ciudad.....	59
Ilustración 4: Red vial urbana	61
Ilustración 5: Cunetas deterioradas	63
Ilustración 6:	63
Ilustración 7: hidrología principal de la ciudad de Juliaca	64
Ilustración 8: Vista satelital del Sistema hidrográfico del rio Torococha	65
Ilustración 9: Capacidad hidraulica- metodo racional.....	71
Ilustración 10: Comparación de caudales máximos (método racional).....	73
Ilustración 11: Determinación del caudal oferta – ecuación de diseño manning	74
Ilustración 12: Verificación hidráulica capacidad de cuneta vs demanda pluvial	78
Ilustración 13: Caudal de diseño con ecuación de manning-registrado de datos in situ	79
Ilustración 14: Evaluación in situ capacidad real vs demanda pluvial.....	82
Ilustración 15: Pendiente, velocidad y tension tractiva de acuerdo a la norma ce 040.....	83
Ilustración 16: Evaluación de Diseño de alcantarilla rectangular	85
Ilustración 17: alcantarillas rectangulares de material concreto.....	87
Ilustración 18: Diseño de alcantarilla circular de material TMC	88
Ilustración 19: alcantarillas circulares eficiencia de autolimpieza	90
Ilustración 20: Diseño de alcantarilla rectangular-registrado IN SITU	91
Ilustración 22: Diseño de alcantarilla circular-registrado IN SITU	95
Ilustración 23 Diseño alcantarilla circular in situ-hcanales	98
Ilustración 24: Diagnostico in situ alcatarillas circulares- eficiencia hidraulica y autolimpieza	98
Ilustración 25: cunetas-factores que afectan el desempeño hidraulico	101
Ilustración 26: cunetas-factores que afectan el desempeño hidráulico	102



Ilustración 27: Alcantarillas rectangulares-factores que afectan el desempeño hidráulico	106
Ilustración 29: Alcantarillas circulares-factores que afectan el desempeño hidráulico	110
Ilustración 31: Diagrama de Pareto	112



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en las vías urbanas de Juliaca durante el año 2025, para establecer su incidencia en la eficiencia del drenaje pluvial. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño no experimental de corte transversal. Se evaluaron 50 tramos de cunetas y 8 alcantarillas (rectangulares y circulares) en avenidas principales, comparando su capacidad teórica (Método Racional y Manning) frente a su operatividad real mediante inspecciones in situ. Los resultados evidenciaron que el 96% de las cunetas presentan una capacidad hidráulica insuficiente frente a la demanda pluvial, operando con un déficit de conducción crítico, especialmente en la Av. Ferrocarril (3.6 l/s de capacidad real vs. 21.1 l/s de demanda). Asimismo, se verificó que el 100% de las alcantarillas evaluadas operan con niveles de eficiencia inferiores al 4% en secciones rectangulares y al 33% en circulares, debido a una severa colmatación. El diagnóstico de patologías determinó que las causas raíz son las deficiencias de diseño, específicamente pendientes longitudinales menores al 0.5% (estancamiento), y la falta de mantenimiento (obstrucción por sedimentos). Se concluye que el comportamiento hidráulico actual influye negativamente y de manera significativa en el drenaje urbano, generando riesgos de inundación inminente, por lo que se recomienda la corrección geométrica de pendientes y planes de descolmatación urgentes.

PALABRAS CLAVE: Drenaje pluvial, comportamiento hidráulico, eficiencia operativa, cunetas, alcantarillas, colmatación.



ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the hydraulic behavior of gutters and culverts on the urban roads of Juliaca during the year 2025, to establish their impact on the efficiency of storm drainage. The methodology used was a quantitative approach, applied type, and non-experimental cross-sectional design. Fifty sections of gutters and 8 culverts (rectangular and circular) were evaluated on main avenues, comparing their theoretical capacity (Rational Method and Manning) against their real operability through in situ inspections. The results showed that 96% of the gutters present insufficient hydraulic capacity against rainfall demand, operating with a critical conduction deficit, especially on Ferrocarril Avenue (3.6 l/s real capacity vs. 21.1 l/s demand). Likewise, it was verified that 100% of the evaluated culverts operate with efficiency levels below 4% in rectangular sections and 33% in circular ones, due to severe siltation. The pathology diagnosis determined that the root causes are design deficiencies, specifically longitudinal slopes less than 0.5% (stagnation), and lack of maintenance (obstruction by sediments). It is concluded that current hydraulic behavior negatively and significantly influences urban drainage, generating imminent flood risks, therefore geometric slope correction and urgent desilting plans are recommended.

KEY WORDS: Storm drainage, hydraulic behavior, operative efficiency, gutters, culverts, siltation.



INTRODUCCIÓN

El drenaje pluvial urbano constituye uno de los componentes más críticos en la infraestructura de las ciudades modernas, garantizando no solo la transitabilidad vehicular y peatonal, sino también la seguridad sanitaria y estructural de las edificaciones ante eventos hidrometeorológicos. En la ciudad de Juliaca, la problemática de las inundaciones es una constante histórica que afecta la calidad de vida de sus habitantes y el desarrollo económico local. A pesar de contar con infraestructura de evacuación, las vías urbanas colapsan recurrentemente ante precipitaciones de mediana y alta intensidad, lo que evidencia una desconexión entre la ingeniería de diseño y la operatividad real del sistema.

La realidad problemática se manifiesta en avenidas principales que se transforman en cauces de ríos temporales, generando aniegos que persisten por días. Esta situación plantea la interrogante sobre si la infraestructura existente —cunetas y alcantarillas— está cumpliendo su función hidráulica o si factores técnicos y de gestión han anulado su capacidad. Observaciones preliminares sugieren que no se trata únicamente de un problema de dimensionamiento, sino de una serie de deficiencias constructivas, como pendientes inadecuadas, y una falta de mantenimiento que ha permitido la acumulación crítica de sedimentos y residuos sólidos.

La presente investigación se justifica por la necesidad técnica y social de diagnosticar el estado actual del sistema de drenaje en el año 2025. Aportará evidencia cuantitativa sobre la brecha entre la capacidad teórica de diseño y la



capacidad real "in situ", proporcionando a las autoridades y planificadores urbanos una base sólida para la toma de decisiones correctivas. El estudio no solo busca identificar las fallas, sino cuantificar su impacto en la eficiencia global del drenaje.

Para abordar esta problemática, el estudio se ha estructurado en torno a un objetivo general: evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas para establecer su incidencia en la eficiencia del drenaje. De manera específica, se busca determinar la capacidad hidráulica frente a las precipitaciones máximas, verificar el nivel de eficiencia operativa de las obras de arte mayores y diagnosticar las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento que limitan su desempeño. A través de este análisis integral, se pretende demostrar la hipótesis de que el actual comportamiento hidráulico, condicionado por factores técnicos deficientes, influye significativamente en la vulnerabilidad de la ciudad ante las lluvias.

Finalmente, la tesis se estructura en tres capítulos. El primer capítulo presenta la Introducción. El segundo capítulo comprende los aspectos generales de la investigación, incluyendo el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis, la justificación y la operacionalización de variables, desarrolla el marco teórico mediante la revisión de antecedentes y conceptos fundamentales vinculados al drenaje urbano, presenta el marco conceptual con las bases teóricas especializadas de la hidráulica aplicada, el marco normativo nacional e institucional aplicable al diseño y evaluación del drenaje, también describe la metodología adoptada, expone presenta el análisis contextual y la



caracterización del área de estudio, expone los resultados obtenidos y su análisis. Y por último el tercer capítulo se presentan las conclusiones, recomendaciones, presenta las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Juliaca, ubicada en la región Puno, presenta una problemática creciente asociada a la ineficiencia del sistema de drenaje pluvial urbano, particularmente en lo referido al funcionamiento de las cunetas y alcantarillas que forman parte de las vías urbanas. La topografía predominantemente plana de la ciudad, la presencia de suelos con baja capacidad de infiltración y las precipitaciones intensas concentradas en periodos cortos generan condiciones que incrementan la acumulación superficial de aguas pluviales. A pesar de ello, gran parte de la infraestructura de drenaje existente no ha sido diseñada ni conservada adecuadamente para responder a estas características hidrológicas. En numerosos sectores urbanos, especialmente en zonas cercanas al antiguo cauce del río Torococha y en avenidas de alta transitabilidad, se observan cunetas colmatadas, alcantarillas con secciones insuficientes, pendientes inadecuadas y estructuras afectadas por la presencia de sedimentos, residuos sólidos o deterioro constructivo. Estas deficiencias reducen significativamente la



capacidad hidráulica de conducción y evacuación, provocando aniegos recurrentes durante las temporadas de lluvia. Como consecuencia, se registran daños en el pavimento, pérdida de la capacidad estructural de las vías, interrupciones en la movilidad vehicular y peatonal, así como riesgos para la seguridad de los habitantes.

A ello se suma la ausencia de estudios técnicos actualizados que evalúen, de manera integral, el comportamiento hidráulico real de las cunetas y alcantarillas de Juliaca. Las intervenciones realizadas por las entidades responsables suelen basarse en criterios empíricos o medidas paliativas que no resuelven la causa estructural del problema. La falta de mantenimiento preventivo y la carencia de un diagnóstico detallado agravan la situación, incrementando la vulnerabilidad de la ciudad frente a eventos pluviales y generando costos elevados para la rehabilitación de la infraestructura vial.

De esta forma, la problemática central radica en que las cunetas y alcantarillas existentes no proporcionan una adecuada captación ni conducción del agua pluvial, lo que limita la eficiencia del drenaje urbano y da lugar a inundaciones superficiales. Este escenario evidencia la necesidad de evaluar técnicamente el comportamiento hidráulico de dichos elementos, considerando sus dimensiones geométricas, su estado físico y su capacidad de conducción en relación con los caudales de diseño establecidos en la normativa vigente. Solo mediante un análisis técnico riguroso será posible determinar el grado de funcionalidad de estas estructuras y plantear medidas de mejora que contribuyan a fortalecer la resiliencia urbana frente a las precipitaciones intensas características de Juliaca.

Análisis de la situación problemática



La ciudad de Juliaca enfrenta, desde hace varios años, serias dificultades relacionadas con la gestión del drenaje pluvial urbano. Durante la temporada de lluvias caracterizada por precipitaciones intensas y concentradas se generan escorrentías superficiales que no son adecuadamente evacuadas, produciendo aniegos recurrentes en avenidas principales, calles secundarias y zonas residenciales. Este fenómeno afecta tanto a la infraestructura vial como a la seguridad vial y la calidad de vida de los habitantes.

Uno de los principales factores que explican esta problemática es el inadecuado comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas que conforman el sistema de drenaje superficial y subterráneo de la ciudad. En diversos tramos se observan cunetas con secciones insuficientes, pendientes inapropiadas y niveles elevados de colmatación por sedimentos y residuos, lo cual disminuye su capacidad efectiva de conducción. De igual manera, las alcantarillas presentan obstrucciones, desgaste estructural, diámetros reducidos y falta de mantenimiento, lo que limita el flujo continuo y seguro del agua pluvial hacia los cauces naturales o estructuras de descarga.

Como consecuencia directa, las lluvias de moderada a alta intensidad generan acumulación de agua en la superficie, afectando la transitabilidad vehicular y peatonal, deteriorando el pavimento y aumentando los costos de mantenimiento de la infraestructura urbana. En algunos sectores, la presencia de aniegos genera interrupciones temporales del tránsito, daños en viviendas colindantes e incluso riesgos sanitarios asociados al estancamiento del agua pluvial. Zonas como la avenida Circunvalación, alrededores del río Torococha y jirones principales del centro urbano se han convertido en puntos críticos donde las deficiencias del sistema de drenaje se manifiestan con mayor severidad.

A ello se suma la ausencia de un diagnóstico técnico integral que permita determinar la funcionalidad real de las cunetas y alcantarillas frente a los caudales de diseño establecidos en la normativa vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Las intervenciones ejecutadas por las autoridades, en muchos casos, carecen de sustento hidráulico o responden únicamente a la remediación temporal de zonas afectadas, sin que se aborden las causas estructurales del problema. La falta de mantenimiento programado, la ausencia de limpieza periódica y el crecimiento urbano sin planificación hídrica agravan aún más la situación.

Todo lo anterior evidencia una problemática urbana compleja: el sistema actual de drenaje de Juliaca no cumple adecuadamente su función de captar, conducir y evacuar el agua pluvial, lo que genera una disminución significativa en la eficiencia del drenaje urbano y un aumento de la exposición frente a eventos de precipitación. Por ello, resulta imprescindible evaluar técnicamente el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas, con el fin de identificar sus deficiencias, determinar su capacidad real de evacuación y proponer alternativas de mejora que permitan optimizar el sistema de drenaje en beneficio de la infraestructura urbana y de la población.

1.1.1. Problema general

¿Cuáles son las características del comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas y su incidencia en la eficiencia del drenaje pluvial de las vías urbanas de Juliaca en el año 2025?

1.1.2. Problemas específicos

P.E.1: ¿De qué manera la capacidad hidráulica actual de las cunetas responde a las precipitaciones máximas en las vías urbanas de Juliaca?

P.E.2: ¿En qué nivel de eficiencia operan las alcantarillas en la evacuación de caudales pluviales en sectores críticos de la ciudad?

P.E.3: ¿De qué manera los factores de diseño, construcción y mantenimiento determinan el funcionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas en Juliaca?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en las vías urbanas de Juliaca durante el año 2025, para establecer su incidencia en la eficiencia del drenaje pluvial.

1.2.2. Objetivos Específicos

O.E.1: Determinar la capacidad hidráulica de las cunetas en función de las precipitaciones máximas de diseño en las vías de Juliaca.

O.E.2: Verificar el nivel de eficiencia de las alcantarillas para la evacuación de los caudales pluviales en las vías urbanas.

O.E.3: Identificar las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento que afectan el desempeño hidráulico de las cunetas y alcantarillas.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. *Justificación Teórica:*

La investigación se fundamenta en la necesidad de fortalecer el conocimiento sobre el comportamiento hidráulico de las estructuras de drenaje urbano, específicamente cunetas y alcantarillas, que constituyen elementos básicos en la gestión de aguas pluviales. En el contexto de Juliaca, donde las precipitaciones suelen concentrarse en periodos cortos pero intensos, resulta indispensable evaluar la capacidad de conducción y evacuación de estas infraestructuras. Desde el punto de vista académico, este estudio aporta a la ingeniería hidráulica urbana, ya que permite validar y aplicar fórmulas hidráulicas como la de Manning y parámetros establecidos en normativas nacionales e internacionales (MTC, AASHTO). Así, se genera conocimiento técnico que puede servir de referencia para futuras investigaciones y proyectos similares.

1.3.2. *Justificación Práctica:*

En Juliaca es común que las vías urbanas sufran anegamientos, deterioro del pavimento y afectaciones a viviendas y comercios debido al ineficiente drenaje pluvial. Evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas permitirá identificar deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento, así como proponer soluciones que mejoren la eficiencia del sistema de evacuación de aguas de lluvia. De esta manera, el trabajo no solo tendrá relevancia académica, sino también un impacto directo en la mejora de la infraestructura vial, la seguridad peatonal y vehicular, además de reducir los costos de mantenimiento y rehabilitación de las calles.

1.3.3. Justificación Metodológica:

El estudio se justifica metodológicamente porque es factible realizarlo con técnicas de gabinete y campo sin necesidad de ensayos de laboratorio. Se aplicará un diseño de investigación no experimental y descriptivo, basado en el levantamiento de información topográfica y visual de las cunetas y alcantarillas, el análisis de intensidades de precipitación de Juliaca (datos SENAMHI) y la aplicación de modelos hidráulicos como la fórmula de Manning. Esta metodología garantiza resultados confiables y objetivos, además de ser adecuada a los recursos disponibles, lo cual asegura la viabilidad y pertinencia de la investigación.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis General:

El comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas influye significativamente en la eficiencia del drenaje pluvial de las vías urbanas de Juliaca en el año 2025.

1.4.2. Hipótesis Específicas:

H.E.1: La capacidad hidráulica actual de las cunetas no responde a la demanda generada por las precipitaciones máximas en las vías urbanas de Juliaca.

H.E.2: Las alcantarillas operan con un bajo nivel de eficiencia en la evacuación de caudales pluviales en sectores críticos de la ciudad, debido a obstrucciones y fallas técnicas.



H.E.3: Los factores de diseño, construcción y mantenimiento determinan de manera limitante el adecuado funcionamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en Juliaca.

1.5. VARIABLES

1.5.1. *Variable independiente:*

- Comportamiento Hidráulico

1.5.2. *Variable Dependiente:*

- Eficiencia Del drenaje.

1.5.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1:

Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas de Recolección
Variable Independiente: Comportamiento hidráulico	○ Dimensiones geométricas ○ Capacidad hidráulica ○ Estado constructivo ○ Mantenimiento	• Ancho, altura y pendiente de cunetas • Caudal máximo conducido (m^3/s) • Estado físico de la estructura • Nivel de obstrucción o sedimentación	• Observación directa • Medición en campo • Revisión documental
Variable Dependiente: Eficiencia del drenaje	○ Evacuación de caudal pluvial ○ Presencia de aniegos o inundaciones ○ Impacto en la transitabilidad ○ Conservación de pavimento	• % de caudal evacuado • Frecuencia de aniegos en tramos viales • Afectación al tránsito vehicular y peatonal • Grado de deterioro del pavimento	• Observación directa • Revisión documental (SENAMHI, informes técnicos)

Nota: Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Mero, 2024) en su investigación titulada "Evaluación del comportamiento hidráulico del alcantarillado pluvial de la calle El Oro y Avenida Manta de la ciudad Montecristi" (Ecuador), tuvo como objetivo analizar la red pluvial considerando sus componentes hidrológicos e hidráulicos. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, empleando metodologías de observación de campo, encuestas a la población y análisis documental, complementado con el uso del software SewerGEMS para la modelación hidráulica del sistema. Los resultados evidenciaron que el sistema de alcantarillado presenta un rendimiento hidráulico insuficiente frente a eventos de precipitación. Mediante la modelación, se diagnosticaron tramos críticos que operan por debajo de los parámetros de diseño normativos, identificando nodos y conductos con diámetros insuficientes y pendientes inapropiadas que provocan retenciones y reflujos. Asimismo, se constató que la colmatación por sedimentos y la acumulación de residuos sólidos derivados de una inadecuada

gestión y falta de mantenimiento preventivo reducen significativamente la sección útil de conducción, exacerbando los aniegos en zonas bajas y cruces viales. El autor concluye que existe una relación directa entre el crecimiento urbano descontrolado y el deterioro de la capacidad hidráulica, lo que incrementa el riesgo de inundaciones y problemas sanitarios. Por tanto, recomienda la implementación de planes de mantenimiento rigurosos y el redimensionamiento de las estructuras colapsadas

Relevancia para la presente investigación: Estos hallazgos son de gran pertinencia para el contexto de la ciudad de Juliaca, la cual enfrenta problemáticas análogas de diseño deficiente, colmatación de cunetas y alcantarillas, y gestión inadecuada de residuos. En consecuencia, este antecedente aporta una base metodológica sólida para justificar la evaluación hidráulica detallada y la propuesta de soluciones técnicas sostenibles en el presente estudio.

(Del rio & Forero, 2021), en su estudio desarrollado en el municipio de Tarazá, Antioquia (Colombia), abordaron la problemática de la vía rural entre los corregimientos El Doce y Barro Blanco. Esta zona se caracteriza por una alta pluviosidad y una infraestructura deficiente que, sumada a la escasez de mantenimiento, genera encharcamientos, erosión y pérdida de la capa de rodadura, afectando gravemente el transporte de productos agrícolas (especialmente cacao).

El objetivo principal fue determinar los parámetros hidráulicos necesarios para un sistema de drenaje eficiente. Metodológicamente, se realizó una caracterización hidrológica basada en datos del IGAC e IDEAM y el uso de un Modelo Digital de Elevación (DEM) del satélite ALOS PALSAR, lo que permitió

delimitar tres cuencas aferentes. Para el cálculo de los caudales de diseño se empleó el Método Racional y las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) según la propuesta de Díaz-Granados.

Los resultados indicaron una precipitación media máxima de 156 mm en 24 horas. Con base en esto, se diseñó la implementación de 2,095 metros lineales de cunetas, tres alcantarillas tipo cajón y siete circulares de 0.90 m, cuya capacidad fue validada mediante modelación (HEC-HMS). Asimismo, se optó por el uso de enrocados (rip-rap) en sectores de menor caudal debido a su bajo costo y eficiencia, concluyéndose que no era necesario el uso de bajantes, dado que la filtración natural a través del enrocado resultó suficiente para controlar la escorrentía superficial sin comprometer la vía.

(Gonzales, 2024), en su trabajo de titulación titulado "Evaluación de las condiciones hidráulicas actuales del canal pluvial entre las calles Juan León Mera y calle Eloy Alfaro del cantón Puerto López", planteó como objetivo general evaluar las condiciones hidráulicas de dicha infraestructura mediante un estudio hidrológico para asegurar su funcionamiento. Entre sus objetivos específicos, buscó determinar los parámetros hidrológicos y el caudal de diseño, comprobar el dimensionamiento mediante la ecuación de Manning y el software HCanales, y proponer un plan de mantenimiento basado en la evaluación realizada. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental y descriptivo, utilizando técnicas de campo como la observación y el levantamiento topográfico, además de fuentes bibliográficas. En su marco teórico, el autor destacó la importancia de estas estructuras citando a Orozco (2016), quien indicó que "los canales pluviales a nivel mundial

son usados fundamentalmente para la gestión y desarrollo de los entornos urbanos, al permitir el transporte de grandes flujos de aguas proveniente de las precipitaciones de agua, evitando inundaciones". Asimismo, el diseño se fundamentó en las normas INEN CPE capítulo drenaje urbano.

En cuanto a los resultados, se determinó un área de drenaje de 68 hectáreas y, utilizando datos de la estación Ayampe M1074, se calculó un caudal de escorrentía total de $22.55 \text{ m}^3/\text{s}$. La evaluación hidráulica evidenció que, aunque las secciones trapezoidales cumplían con el dimensionamiento, el canal de la calle Juan León Mera presentaba una ocupación de sección del 89.95%. Finalmente, el autor concluyó que los canales cumplen con su función hidráulica, pero requieren intervención debido al azolvamiento y falta de mantenimiento para evitar inundaciones invernales. Como solución, propuso un mantenimiento correctivo con un presupuesto referencial de \$47,828.53 dólares americanos.

(Chimbo, 2023), en su investigación titulada "Análisis del comportamiento hidráulico en la red de drenaje pluvial, implementando Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, en el sector de la Universidad del Azuay-Cuenca". Su propósito central fue examinar el desempeño hidráulico de la red de drenaje al integrar Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Específicamente, se enfocó en recolectar información topográfica y meteorológica, construir un modelo hidrológico-hidráulico mediante el software SWMM 5.2 y contrastar la respuesta del sistema actual frente a medidas de rehabilitación con SUDS bajo una lluvia de diseño con un periodo de retorno de 10 años.

El estudio se rigió por un enfoque cuantitativo basado en la simulación computacional. La metodología implicó el análisis de cuatro escenarios: un

escenario base (diagnóstico actual) y tres escenarios de intervención progresiva que incorporaron barriles de lluvia, celdas de biorretención y pavimentos permeables. Para contextualizar la problemática de la impermeabilización del suelo, el autor citó a Butler & Davies (2018), quienes sostienen que "el desarrollo urbano, implica crear una capa impermeable provocando un efecto significativo al ciclo del agua interfiriendo en gran parte los procesos que comprenden el ciclo natural del agua". El autor obtuvo como resultados, el modelo del estado actual (Escenario 0) demostró la insuficiencia operativa de la red, revelando nodos inundados y colectores presurizados, particularmente en la Avenida 24 de Mayo. No obstante, la aplicación combinada de las tres tipologías de SUDS en el Escenario 3 consiguió disminuir el pico de esorrentía superficial en un 61%. Concluyó, determinó que la operación paralela de estos sistemas alivió la carga sobre los colectores principales, permitiendo satisfacer los parámetros de operatividad hidráulica exigidos por la normativa y mitigando las inundaciones en las áreas críticas.

(MENDOZA & MENDOZA, 2023),llevaron a cabo el estudio titulado "Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá - El Azúcar de la provincia de Santa Elena", con el objetivo de diseñar un sistema de drenaje hidráulico que asegurase la estabilidad estructural de la carretera mediante el análisis de las cuencas aportantes.

Para lograrlo, la investigación adoptó un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, apoyándose en el método lógico-deductivo. La metodología integró herramientas tecnológicas y modelos matemáticos; se utilizó el software Q-GIS para el estudio topográfico y la delimitación de cuatro cuencas hidrográficas principales, mientras que el análisis hidrológico se basó en la

distribución de Gumbel y el método racional para determinar las intensidades de lluvia y los caudales de diseño. Como parte de los resultados, se dimensionaron las estructuras necesarias para el manejo de las aguas pluviales, proponiendo el uso de alcantarillas tubulares de hormigón en puntos de menor demanda y alcantarillas tipo cajón en las abscisas críticas (1+650, 1+960, 3+710 y 6+840) debido a los mayores caudales calculados. Finalmente, los autores concluyeron que el sistema propuesto, diseñado bajo un periodo de retorno conservador, es capaz de mitigar los riesgos de inundación y garantizar la durabilidad de la vía a largo plazo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Ochoa, 2024), en su tesis titulada "Evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, y propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha" (Apurímac), tuvo como objetivo evaluar las condiciones estructurales e hidráulicas de dichas obras de arte para proponer un rediseño que optimice su funcionamiento. La investigación, de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, contrastó el estado de la infraestructura con los lineamientos del Manual de Mantenimiento o Conservación Vial del MTC. Además, se utilizó el software HEC-RAS para validar si el dimensionamiento y los parámetros hidráulicos (como el coeficiente de Manning) eran adecuados para los caudales de diseño. Los resultados indicaron que la mayoría de las cunetas (81.82 % en el margen derecho y 55.56 % en el izquierdo) presentaban un estado de conservación "regular", con acumulación de sedimentos que, si bien no generaban desbordes inmediatos, reducían significativamente la capacidad hidráulica efectiva. La modelación identificó que las secciones actuales son insuficientes para eventos de

precipitación intensa, requiriéndose el aumento de dimensiones en las cunetas y la ampliación de la alcantarilla N.º 02 (progresiva 2+080). Se concluye que, más allá del cumplimiento normativo básico de conservación, es imperativo redimensionar los tramos críticos y establecer evaluaciones periódicas de descolmatación para garantizar la durabilidad de la vía.

(Coronel, 2021), en su tesis titulada Evaluación de la red de drenaje pluvial en el distrito de Yauyucan, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca 2019 (Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo), tuvo como objetivo principal analizar el estado actual de la red pluvial existente mediante estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos, la descripción de componentes y el modelamiento hidráulico. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-aplicado y con un diseño no experimental. La metodología empleada incluyó el levantamiento topográfico de la zona urbana y un estudio hidrológico utilizando registros de precipitaciones del SENAMHI procesados mediante el método estadístico de Gumbel para determinar las intensidades máximas. Asimismo, se realizó el cálculo hidráulico de la capacidad de las cunetas aplicando la ecuación de Manning y se llevó a cabo un análisis descriptivo de los componentes basándose en los lineamientos de la Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. Finalmente, se complementó el análisis con una simulación hidráulica bidimensional georreferenciada utilizando el software Iber. En sus resultados y conclusiones, la autora determinó que la localidad presentaba un terreno escarpado con pendientes superiores al 8% y una intensidad de lluvia alta de 57.97 mm/h. El estudio reveló que el 33.3% de las calles contaban con cunetas hidráulicamente deficientes que no lograban evacuar el caudal de diseño,

siendo la calle "19 de mayo" la más vulnerable por acumulación de flujos. Además, el análisis descriptivo evidenció que el 53.1% del sistema presentaba deficiencias físicas, incluyendo falta de mantenimiento, infraestructura deteriorada o inexistencia de estructuras de captación. Con base en esto, se concluyó la necesidad de reconstruir cunetas con nuevas dimensiones y se propuso el cambio de drenaje superficial a un sistema de alcantarillado pluvial. (Rodriguez & Castrejon, 2023), presentaron la investigación titulada Evaluación del sistema de drenaje pluvial por gravedad de la ciudad de Cajamarca, Sector 13 - Barrio San Martín de Porres (Tesis de título profesional, Universidad Privada del Norte). El estudio tuvo como objetivo principal evaluar la condición del sistema actual de drenaje considerando su capacidad, mantenimiento y funcionamiento ante eventos pluviales, apoyándose en la premisa de Arantes (2020), quien sostiene que las tasas elevadas de crecimiento urbano sin políticas eficientes derivan en graves daños por inundaciones. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con un diseño no experimental. La metodología integró la observación directa de la infraestructura y un levantamiento topográfico que determinó una pendiente promedio del 3.16%. Para el análisis hidrológico, los autores utilizaron registros de la estación Augusto Weberbauer y procesaron la información basándose en la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial. El cálculo de caudales se realizó mediante el Método Racional y la simulación hidráulica se ejecutó a través del modelo numérico EPA-SWMM 5.1, simulando escenarios para periodos de retorno de 10 y 25 años. Obtuvo como resultados y conclusiones que, se determinó que la capacidad hidráulica del sistema era insuficiente. El modelamiento numérico evidenció que, durante una precipitación de una hora

con un periodo de retorno de 10 años, el 95% de las cunetas superaban su capacidad, porcentaje que ascendía al 98% para un retorno de 25 años. Adicionalmente, las encuestas revelaron que el 44% de la población percibía el funcionamiento del sistema como "malo" y se identificó una frecuencia escasa de mantenimiento ("raramente" u "ocasionalmente") en la infraestructura de drenaje existente.

(Herrera, 2021), llevó a cabo la investigación titulada Evaluación del funcionamiento de cunetas del sector Nuevo Cajamarca - Cajamarca, 2021 (Tesis de título profesional, Universidad Privada del Norte). El estudio se planteó con el objetivo de determinar el estado funcional actual de dichas estructuras de drenaje, fundamentando la importancia del estudio en lo señalado por Diaz (2014), quien sostiene que el drenaje vial es la base para mantener la vida útil de las obras viales y pavimentos La investigación se definió como aplicada, de nivel explicativo y diseño no experimental, bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo. La metodología consistió en la recolección de datos mediante inspección visual y levantamiento topográfico en una muestra no probabilística por conveniencia, abarcando 25 cuadras de las avenidas San Martín de Porres, Nuevo Cajamarca y La Paz. Para el análisis de los datos, se compararon las características geométricas in situ con los parámetros de la Norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones En referencia a los resultados y conclusiones, el autor contrastó sus hallazgos con lo expuesto por Molina (2015) sobre la eficiencia de las secciones hidráulicas, encontrando que, aunque la trapezoidal es la más eficiente, el 100% de las cunetas evaluadas eran de sección triangular. Asimismo, se determinó que el 100% de las estructuras incumplían con el ancho mínimo normativo y el 76% presentaban

una pendiente longitudinal inferior a la requerida. Se concluyó que el funcionamiento hidráulico es deficiente, causado por el incumplimiento geométrico y la obstrucción constante por sedimentos y rampas vehiculares, evidenciando una falta total de mantenimiento.

2.1.3. Antecedentes locales

En su investigación (Rojas & Humpiri, 2016) titulada "Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM", abordaron la problemática del proyecto de inversión pública destinado al drenaje de la ciudad, cuya ejecución fue paralizada debido a irregularidades administrativas e inconsistencias en el expediente técnico. El objetivo del estudio fue auditar los componentes de topografía e hidrología del expediente original para identificar las causas de las deficiencias y, posteriormente, desarrollar un nuevo diseño validado mediante modelamiento hidrológico e hidráulico con el software SWMM, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente.

Demostró que los estudios básicos del expediente primigenio carecían del rigor técnico necesario para responder a eventos de precipitación intensa. En contraste, el rediseño propuesto y simulado computacionalmente logró optimizar el comportamiento hidráulico de la red, garantizando una evacuación eficiente y reduciendo significativamente la duración de las inundaciones en las áreas urbanas. Se concluye que la implementación de herramientas de modelación avanzada como SWMM es determinante para corregir fallas de diseño y asegurar la sostenibilidad funcional del sistema de drenaje frente a las condiciones pluviales de Juliaca.

(Rendón, 2013) realizó la investigación titulada "Drenaje pluvial de la Ciudad de Juliaca (Sector Los Virreyes) - Puno - Perú", en la cual se planteó como objetivo general simular el comportamiento hidrológico urbano de dicho sector con la finalidad de prevenir futuras inundaciones. El estudio presentó un enfoque cuantitativo, fundamentado en el análisis estadístico de datos hidrológicos y la modelación numérica de fluidos para el diseño de infraestructura hidráulica. En cuanto a su metodología, el autor abordó la problemática basándose teóricamente en los "4 subproblemas del drenaje urbano" postulados por Gómez (2008), que incluyen: la determinación del hietograma de lluvia de proyecto, la transformación de lluvia en escorrentía captada por sumideros, el transporte de fluido en conductos y el vertido al medio receptor. Para el análisis de precipitaciones, evaluó registros de la estación Juliaca (1964-2011), aplicando pruebas de bondad de ajuste (Smirnov-Kolmogorov) y determinando que la distribución Log Pearson Tipo 3 era la que mejor se ajustaba a los datos. Asimismo, para la simulación hidráulica de la red, empleó el software *Storm Water Management Model* (SWMM), analizando la red mediante un modelo unidimensional de onda dinámica. Además, utilizó curvas de eficiencia para rejillas (modelo R-121) ensayadas en la UPC para calcular la captación de escorrentía superficial.

Entre los resultados más relevantes, se determinó una precipitación máxima de diseño de 24 horas de 48 mm para un periodo de retorno de 10 años. La simulación inicial reveló que los conductos trabajaban en carga, provocando el retorno del flujo a la superficie, lo que llevó a optar por una solución final de tres salidas independientes al Río Coata funcionando en lámina libre. Finalmente, se concluyó que el óptimo espaciamiento de los sumideros depende

directamente de la calidad del hietograma del proyecto y que, en las zonas cercanas al cambio de pendiente de fuerte a moderada, es necesario reducir dicho espaciamiento debido al incremento del calado aguas abajo.

La investigación titulada "Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal del Distrito de Ayaviri, Puno - 2021", llevada a cabo por (Llanos, 2021), tuvo como objetivo general determinar el análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para optimizar el camino vecinal en el distrito de Ayaviri, Puno. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, siendo de tipo aplicada y diseño no experimental, correlacional-causal. En cuanto a la metodología realizó un levantamiento topográfico y estudios de suelos en la zona crítica (km 23+480 al 23+493), además de recopilar información pluviométrica de la estación Vilavila para un periodo de 40 años. Para el análisis hidrológico, se calcularon parámetros como el tiempo de concentración (96.6 min) y la intensidad de lluvia (32.90 mm/hr) utilizando fórmulas empíricas (Kirpich, Hathaway, entre otras) y el método racional para la estimación de caudales máximos. Asimismo, se empleó el software Hcanales para el modelamiento hidráulico de las secciones del cauce natural.

Obtuvo ante una lluvia intensa, se generó un caudal de diseño de 26.74 m³/s. Se identificó que el sistema de drenaje existente era insuficiente, provocando inundaciones que afectaban la transitabilidad. Como solución, se propuso el diseño de un pontón losa de 8.80 m de luz para un periodo de retorno de 100 años, verificando su comportamiento hidráulico y estructural. Finalmente, se concluyó que el análisis del comportamiento hidráulico, basado en la intensidad de las precipitaciones máximas y las características de la cuenca, es

fundamental para dimensionar adecuadamente las obras de drenaje y garantizar la operatividad del camino vecinal.

2.2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL:

2.2.1. Hidráulica aplicada en sistemas de drenaje urbano

La hidráulica es la rama de la ingeniería civil que estudia el movimiento de los fluidos y su comportamiento en diferentes tipos de conducciones. Su aplicación en el ámbito urbano permite comprender cómo se desplaza el agua de lluvia a través de las cunetas, alcantarillas y demás estructuras que conforman el sistema de drenaje pluvial (VEN TE et al., 1994). El comportamiento hidráulico depende de factores como el caudal, la pendiente, la rugosidad del material y la geometría de la sección del conducto.

En zonas urbanas como Juliaca, donde las lluvias son intensas y la topografía es casi plana, la hidráulica adquiere una relevancia especial, ya que una mínima deficiencia en el diseño o mantenimiento de las estructuras de drenaje puede ocasionar inundaciones superficiales. Por ello, los estudios hidráulicos buscan determinar la capacidad de conducción de las cunetas y alcantarillas para asegurar que el flujo del agua sea continuo y eficiente durante los eventos pluviales más críticos (Arcement & Schneider, 2004).

2.2.2. Sistemas de drenaje urbano

El sistema de drenaje urbano está conformado por un conjunto de estructuras y obras destinadas a recolectar, conducir y evacuar las aguas pluviales provenientes de las precipitaciones. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), este sistema tiene como finalidad

prevenir los aniegos y proteger la infraestructura vial y habitacional. Está compuesto por elementos superficiales (cunetas, canales, rejillas, bocas de tormenta) y subterráneos (tuberías y alcantarillas), los cuales deben operar de manera integrada.

El funcionamiento eficiente de este sistema depende del diseño hidráulico, la capacidad de infiltración del terreno, la pendiente longitudinal y transversal de las vías, así como del mantenimiento periódico. En muchas ciudades, los problemas de drenaje se originan por la falta de limpieza, el taponamiento por residuos sólidos y la construcción informal de conexiones sin criterios técnicos (Suárez & Díaz, 2020).

2.2.3. Cunetas

Las cunetas son canales longitudinales contruidos en los márgenes de las vías para recolectar y conducir el agua superficial hacia estructuras de desagüe como alcantarillas o colectores. De acuerdo con la Norma Técnica de Carreteras DG-2018 del MTC (2018), las cunetas deben diseñarse considerando el caudal máximo esperado, el tipo de superficie del pavimento y las pendientes adecuadas para evitar el estancamiento del flujo.

Existen distintos tipos de cunetas según su forma: triangulares, trapezoidales, rectangulares y parabólicas. Cada tipo tiene un comportamiento hidráulico específico, influenciado por la rugosidad del material y la velocidad del flujo (Chow, 2009). El mal dimensionamiento o la falta de mantenimiento de las cunetas provoca acumulación de sedimentos y obstrucciones que reducen su capacidad de conducción, generando inundaciones locales y erosión en los bordes del pavimento.

2.2.4. Cunetas en sistemas de drenaje urbano

Las cunetas son canales longitudinales diseñados para captar y conducir el agua de escorrentía superficial proveniente de la calzada hacia estructuras de drenaje como alcantarillas o sumideros. Su función principal es prevenir la acumulación de agua en la superficie vial, evitando el deterioro del pavimento y reduciendo riesgos de accidentes. Según el Manual de Carreteras – Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC, 2018), las cunetas deben diseñarse considerando la intensidad de las precipitaciones, la pendiente longitudinal de la vía, la rugosidad del material y la capacidad hidráulica del canal.

2.2.5. Cuneta bordillo o convencional

La cuneta bordillo o convencional es un elemento hidráulico superficial que se utiliza comúnmente en las vías urbanas para la recolección y conducción del agua de escorrentía pluvial hacia los sistemas de drenaje o alcantarillas. Su función principal es canalizar el flujo proveniente de la calzada, evitando la acumulación de agua que pueda generar daños en la infraestructura vial o riesgos para los peatones y vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2018).

Este tipo de cuneta se caracteriza por presentar una sección transversal triangular, conformada por el bordillo (elemento vertical que delimita la calzada) y la cuneta propiamente dicha, la cual se encuentra adosada a la acera. El diseño de la cuneta bordillo debe permitir el flujo libre del agua pluvial sin que esta interrumpa el tránsito vehicular ni genere encharcamientos (Villarreal, 2019).

De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC (2018), las dimensiones de la cuneta bordillo se determinan en función del caudal de diseño, la pendiente longitudinal de la vía y las condiciones de rugosidad del pavimento. Además, es importante garantizar que el flujo no sobrepase la capacidad de la cuneta, de manera que el ancho de extensión del agua (spread) no afecte las zonas de estacionamiento ni los carriles de circulación.

El uso de cunetas bordillo es frecuente en zonas urbanas pavimentadas, donde el espacio para drenaje superficial es limitado y se requiere un sistema que combine eficiencia hidráulica y compatibilidad con el diseño vial. Sin embargo, su eficiencia puede disminuir en zonas con pendientes bajas o con altos volúmenes de precipitación, por lo que su diseño debe basarse en un adecuado análisis hidrológico y de capacidad hidráulica (Chow, 2010).

2.2.5.1. *Cuneta tipo swale o poco profunda*

La cuneta tipo swale o cuneta poco profunda es un elemento de drenaje superficial que se emplea para captar, conducir y disipar el agua de escorrentía de forma más natural y ambientalmente sostenible. A diferencia de la cuneta convencional, el swale presenta una sección transversal amplia y poco profunda, generalmente trapezoidal o parabólica, lo que permite una mayor interacción del flujo con el terreno y facilita procesos de infiltración y retención (Mays, 2011).

Este tipo de cuneta forma parte del enfoque de drenaje urbano sostenible (SUDS), por su capacidad para reducir la velocidad del flujo, promover la percolación del agua en el suelo y disminuir los caudales pico durante eventos de lluvia intensa. El swale funciona como un canal con vegetación, cuyo

revestimiento natural incrementa la fricción hidráulica y permite que el flujo se distribuya de manera controlada y menos erosiva (Apostolidis et al., 2018).

La eficiencia hidráulica de las cunetas tipo swale depende de parámetros como la pendiente longitudinal, la rugosidad del material o vegetación, la permeabilidad del terreno, la carga hidráulica de entrada y el caudal de diseño. Para su evaluación, se utiliza frecuentemente la fórmula de Manning, considerando valores de rugosidad mayores debido a la presencia de vegetación (Chow, 2010).

En vías urbanas, los swales se utilizan cuando se busca un drenaje que combine capacidad hidráulica con beneficios ambientales, ya que contribuyen a la recarga hídrica, reducen la contaminación del agua pluvial mediante filtración natural y pueden integrarse armónicamente al paisaje urbano. Sin embargo, su implementación requiere espacios amplios y condiciones de suelo adecuadas, por lo que su uso puede ser limitado en zonas densamente urbanizadas (MTC, 2018).

Cuando el flujo alcanza el caudal de diseño, el agua puede extenderse más allá de los límites de la cuneta, generando un "spread" o ensanchamiento del flujo superficial que puede abarcar los carriles de estacionamiento, espaldones o incluso parte del carril vehicular (MTC, 2018).

El diseño hidráulico de las cunetas se rige por la Ecuación de Manning, que permite calcular la capacidad de conducción en función del área hidráulica, la pendiente y el coeficiente de rugosidad. Este cálculo es esencial para garantizar que la sección elegida sea suficiente para evacuar el caudal esperado sin provocar desbordes ni erosión en los bordes de la vía.

2.2.5.2. Alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras hidráulicas que permiten el paso del flujo de agua bajo la vía, evitando que el agua superficial interrumpa el tránsito. Se construyen generalmente con tuberías circulares, cajas rectangulares o bóvedas de concreto armado. Su función es conectar los drenajes laterales o cunetas con los cauces naturales o sistemas de evacuación principal (Montoya, 2017).

El comportamiento hidráulico de una alcantarilla depende de su capacidad de entrada y salida, la pendiente del terreno, el nivel de agua y las condiciones de flujo (sumergido o libre). Cuando las alcantarillas son insuficientes o están obstruidas, el nivel del agua aumenta, provocando desbordamientos que deterioran la calzada. Por ello, el diseño debe garantizar que el caudal máximo calculado sea evacuado sin superar la capacidad estructural del conducto (Mott MacDonald, 2019).

2.2.5.3. Tipos de alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras hidráulicas cuya función principal es permitir el paso controlado del agua de escorrentía, quebradas, cunetas o flujos naturales debajo de una vía, garantizando la continuidad hidráulica y evitando el deterioro del pavimento o inundaciones (Chow, 2010). Estas obras forman parte fundamental del drenaje transversal y su selección depende del caudal, la topografía, el tipo de vía y las condiciones hidráulicas del entorno.

A nivel técnico, las alcantarillas se clasifican según su material, forma, sección hidráulica y método constructivo, siendo las más utilizadas las alcantarillas circulares, de cajón, de marco y de bóveda. Cada una presenta características

diferentes que influyen en su capacidad hidráulica y comportamiento estructural (Mays, 2011).

2.2.5.4. Alcantarillas circulares

Las alcantarillas circulares son las más comunes en infraestructura vial debido a su facilidad de construcción, resistencia estructural y adecuada eficiencia hidráulica. Generalmente están fabricadas en tubería de concreto reforzado, PVC de alta densidad o acero corrugado.

Su sección circular permite que el flujo se conduzca de manera uniforme, lo cual favorece su operación tanto en condiciones de flujo lleno como en flujo parcialmente lleno (Chow, 2010). La capacidad hidráulica se evalúa mediante fórmulas de Manning y mediante análisis de entrada/salida en condiciones de carga.

- **Ventajas:**

- Instalación rápida.
- Resistencia a cargas vehiculares.
- Buena eficiencia para caudales medianos.

- **Limitaciones:**

- Menor capacidad para caudales muy grandes.
- Su forma redonda dificulta el paso de sólidos grandes.

2.2.5.5. Alcantarillas de Cajón (Box Culverts)

Las alcantarillas tipo cajón están conformadas por una sección rectangular de concreto armado, lo cual les otorga una elevada capacidad estructural y una alta eficiencia para grandes caudales y pasos amplios.

Este tipo de alcantarilla es ideal en zonas donde el flujo transporta sedimentos o basura, ya que su sección amplia y uniforme facilita la conducción e incrementa la estabilidad ante eventos extremos. Su diseño considera la acción combinada del flujo hidráulico y las cargas vehiculares superiores (MTC, 2018).

Ventajas:

- Mayor capacidad hidráulica.
- Resistencia adecuada en zonas urbanas con tráfico pesado.

Limitaciones:

- Alto costo de construcción.
- Requiere cimentación adecuada.

2.2.5.6. Alcantarillas de marco o de sección cuadrada

Son similares a las de cajón, pero presentan una sección cuadrada. Se emplean cuando se requiere una geometría más compacta, manteniendo una buena relación entre resistencia estructural y capacidad hidráulica.

Su uso es apropiado en terrenos con poca altura disponible o donde el perfil vial exige estructuras de menores dimensiones (Mays, 2011).

2.2.5.7. Alcantarillas de bóveda o arco

Estas alcantarillas tienen una sección semicircular o parabólica, construidas habitualmente con concreto armado o elementos prefabricados. Se caracterizan por su capacidad de distribuir las cargas vehiculares mediante su forma curva, lo que reduce la necesidad de grandes espesores.

Hidráulicamente, funcionan bien en flujos subcríticos y permiten que el tránsito del agua sea más natural, por lo que se utilizan en zonas rurales o donde existe el cruce de quebradas pequeñas.

Ventajas:

- Menor impacto visual.
- Buena integración con el entorno natural.
- Adecuadas para caudales con sedimentos.

2.2.5.8. Alcantarillas de tubo múltiple

En esta tipología se emplean dos o más tuberías paralelas para aumentar la capacidad hidráulica cuando el caudal es mayor al que puede conducir un solo tubo. Esta solución es económica y práctica para flujos moderados en zonas urbanas o rurales.

Se diseñan considerando la distribución uniforme del caudal y la estabilidad del terraplén sobre ellas. Su funcionamiento depende de la correcta alineación, limpieza y mantenimiento periódico.

2.2.5.9. Alcantarillas de materiales alternativos

Incluyen alcantarillas de acero corrugado, HDPE, PVC o incluso materiales compuestos. Son de fácil instalación, flexibles y con buena resistencia química, lo que las hace útiles en zonas donde el agua tiene alto contenido de sales o agentes corrosivos.

Su comportamiento hidráulico depende de sus propiedades de rugosidad, diámetro y la estabilidad del relleno que las rodea (Chow, 2010).

2.2.5.10. Importancia de la selección del tipo de alcantarilla

La elección de la alcantarilla adecuada es esencial para garantizar:

- La continuidad del flujo natural.
- La protección de la estructura vial.
- La reducción de inundaciones y erosión.

- La durabilidad del pavimento y de la vía.
- El manejo adecuado del caudal de diseño.

Una incorrecta selección puede generar problemas como colmatación, socavación, inundaciones, deterioro de bermas y fallas estructurales del pavimento.

2.2.6. Comportamiento hidráulico

El comportamiento hidráulico se refiere a la respuesta del sistema ante las condiciones de flujo del agua. En las cunetas y alcantarillas, este comportamiento está determinado por parámetros como el caudal (Q), la velocidad (V), el área hidráulica (A) y la pendiente (S). La ecuación de Manning es una de las más utilizadas para estimar la capacidad de conducción, ya que considera la rugosidad del material y la geometría de la sección (Manning, 1891).

En términos prácticos, una cuneta o alcantarilla tiene un buen comportamiento hidráulico cuando evacúa eficientemente el agua de lluvia sin generar acumulaciones ni erosión. Sin embargo, factores externos como la sedimentación, la basura, los desniveles del terreno o el desgaste de materiales alteran la eficiencia hidráulica, reduciendo la capacidad del sistema y generando impactos negativos sobre la infraestructura vial (Chow et al., 2011).

2.2.7. Drenaje pluvial en vías urbanas

El drenaje pluvial urbano busca controlar el escurrimiento superficial generado por las lluvias para evitar inundaciones y daños estructurales. Según Bedoya (2019), el diseño de un drenaje urbano debe considerar la intensidad y duración de las precipitaciones, el coeficiente de escorrentía del terreno, las

características topográficas y la capacidad de almacenamiento temporal. En el caso de Juliaca, la presencia de suelos con baja infiltración y una topografía plana agravan los problemas de drenaje, ya que el agua tiende a acumularse en las zonas bajas.

La eficiencia del drenaje en las vías urbanas no solo depende del diseño, sino también del mantenimiento periódico. Las inspecciones hidráulicas, la limpieza de sedimentos y la reparación de estructuras son medidas necesarias para garantizar su funcionamiento adecuado y prolongar la vida útil del pavimento (MVCS, 2018).

2.2.8. Problemática del drenaje urbano en juliaca

Juliaca presenta un patrón urbano irregular y un sistema de drenaje insuficiente frente al volumen de precipitaciones que se registran cada año. Durante la época de lluvias, se evidencian aniegos en avenidas principales como la Circunvalación, Collasuyo y Ricardo Palma, debido a la ineficiente evacuación del agua. Las causas principales son el diseño inadecuado de las cunetas, el colapso de alcantarillas y la acumulación de residuos sólidos (Municipalidad Provincial de San Román, 2023).

La falta de mantenimiento y la ausencia de estudios de evaluación hidráulica actualizados impiden una respuesta técnica adecuada. Evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en Juliaca permitirá identificar los puntos críticos y formular estrategias que contribuyan a mejorar la eficiencia del drenaje urbano, reduciendo los impactos negativos sobre la infraestructura y la población.

2.2.9. Hidrología urbana y precipitaciones de diseño

Para analizar la capacidad de las cunetas, es indispensable comprender el comportamiento estocástico de las precipitaciones que generan los caudales de escorrentía, basándose en registros históricos validados. Análisis de Frecuencia y Distribución de Probabilidad

La precipitación es una variable aleatoria que requiere tratamiento estadístico para estimar eventos futuros con cierto margen de seguridad. Según (VEN TE et al., 1994), el análisis de frecuencia permite relacionar la magnitud de un evento extremo con su frecuencia de ocurrencia mediante distribuciones de probabilidad teóricas. Complementando esto, Aparicio (1997) sostiene que para elegir la distribución correcta (Gumbel, Log-Pearson III, etc.)

2.2.10. Periodo de retorno (T_r)

Se define como el intervalo de tiempo promedio en años en el que un evento hidrológico de cierta magnitud es igualado o excedido. (Tucci, 1993) explica que la elección del (T_r) en drenaje urbano es una decisión económica basada en el riesgo de falla admisible; un valor muy bajo genera inundaciones frecuentes, mientras que uno muy alto encarece la obra injustificadamente. En el contexto nacional, (MODIFICACIÓN DE LA NORMATÉCNICA OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO A NORMATÉCNICA CE.040 DRENAJE PLUVIAL DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2021 establece explícitamente que para sistemas de drenaje menor (cunetas y alcantarillas) se deben emplear periodos de retorno de entre 2 a 10 años, dependiendo de la importancia de la vía.

2.2.11. Curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)

Son la herramienta fundamental que relaciona la intensidad de la lluvia (I), la duración de la tormenta (D) y la frecuencia (T_r), permitiendo transformar un dato de lluvia diaria en una intensidad de diseño por hora o minutos. (Villón, 2007) indica que estas curvas son específicas para cada localidad y sintetizan las características de las tormentas locales. Matemáticamente se expresan generalmente mediante la ecuación citada por el MTC (2016):

$$I = \frac{K \cdot T_r^a}{(D + b)^c}$$

Donde K , a , b , c son parámetros de ajuste local que deben ser determinados mediante regresión lineal múltiple a partir de los registros pluviométricos.

2.2.12. Coeficiente de escorrentía (C)

Es una variable adimensional que varía entre 0 y 1, representando la relación entre el volumen de agua que escurre y el que precipita. (VEN TE et al., 1994) explican que este valor depende de la impermeabilidad de la superficie, la pendiente y el almacenamiento en depresiones; para zonas urbanas densas con pavimento de concreto y techos, el valor suele oscilar entre 0.70 y 0.95.

Tabla 2:

Coefficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS: HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE RD N°20-2011 MTC/14

2.2.13. Caudal máximo: el método racional (Q)

Para la determinación del caudal de diseño en cuencas urbanas pequeñas, como es el caso de los drenajes de calles en Juliaca, el método más aceptado universalmente es el Método Racional. Según Pilgrim y Cordery (1993), este modelo asume que la máxima escorrentía ocurre cuando toda la cuenca contribuye al flujo y la intensidad de lluvia es constante durante el tiempo de concentración.

La expresión matemática, adaptada a las unidades métricas utilizadas en la ingeniería peruana, se define de la siguiente manera, tal como lo establece el (MANUAL DE CARRETERAS: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2014)

$$Q = 0,278 \text{ CIA}$$

Donde: CAUDAL(m3/s)
Q=
C= COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
I= INTENSIDAD (mm/hr)
A= AREA (km2)

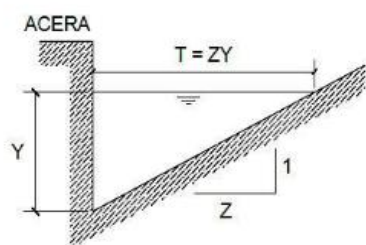
2.2.14. Hidráulica de canales abiertos (cunetas)

Las cunetas actúan como canales abiertos cuyo diseño debe garantizar la evacuación rápida del agua para proteger la estructura del pavimento y asegurar el tránsito.

2.2.15. Flujo uniforme y ecuación de manning

Para el diseño y evaluación de cunetas, se asume generalmente un flujo uniforme, donde la pendiente de la línea de energía es paralela a la pendiente del fondo del canal. French (1988) señala que, aunque el flujo en calles es raramente uniforme en la realidad debido a las entradas laterales, la Ecuación de Manning es el estándar aceptado para determinar la capacidad máxima teórica de la sección. La capacidad hidráulica (Q) se determina así:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$



$$Q=315 \frac{Z}{n} S^{\frac{1}{2}} Y^{\frac{2}{3}} \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1+Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

SECCIÓN: TRIÁNGULO RECTÁNGULO

Nota: modificación de la norma técnica os.060 drenaje pluvial urbano a norma técnica ce.040 drenaje

2.2.16. Coeficiente de rugosidad de manning (n)

Es un parámetro adimensional que representa la resistencia al flujo ofrecida por las paredes del canal. French (1988) indica que la selección correcta de " n " es el paso más crítico del cálculo, ya que afecta linealmente el resultado. Los valores típicos a utilizar en la tesis, según el estado de conservación, son:

- Concreto liso y limpio: $n = 0.013$
- Concreto con acabado rugoso o ligero deterioro: $n = 0.015$
- Cunetas con sedimentos o vegetación (mal mantenimiento): $n = 0.025$ - 0.030

2.2.17. Área hidráulica (A)

Es la superficie de la sección transversal ocupada por el flujo de agua, expresada en metros cuadrados (m^2). Para una cuneta triangular típica, donde " z " es el talud horizontal y " Y " el tirante de agua.

2.2.18. Radio hidráulico (R)

Es un parámetro de eficiencia geométrica que relaciona el área con el perímetro mojado, definido como $R = A / P$. Se expresa en metros (m). (Villón, 2007) establece que, a mayor radio hidráulico, mayor es la eficiencia de la sección para transportar caudal.

2.2.19. Pendiente hidráulica (S)

En flujo uniforme, es igual a la pendiente longitudinal del fondo del canal, expresada en metros por metro (m/m) o adimensionalmente. Giles, Evett y Liu (1994) señalan que si la pendiente es muy baja ($< 0.2\%$), la capacidad de arrastre de sedimentos disminuye.

2.2.20. Definición y funcionamiento hidráulico de alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras de cruce que permiten el paso del agua de un lado a otro de la vía, garantizando la continuidad del drenaje superficial sin interrumpir el tránsito. Según el (MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE, 2012), hidráulicamente se comportan como conductos cortos, donde el flujo puede estar gobernado por las condiciones de la entrada (control de entrada) o por las condiciones del conducto y la salida (control de salida), dependiendo de la pendiente, la longitud y los niveles de agua aguas arriba y aguas abajo.

2.2.20.1. Alcantarillas: definición y tipología

Las alcantarillas son obras de arte menores (O.A.M.) que permiten el paso del agua a través de los terraplenes de las vías. A diferencia de los puentes, las alcantarillas suelen estar cubiertas por un relleno de tierra y su diseño hidráulico se rige por principios de flujo en conductos cerrados o canales abiertos, dependiendo de su nivel de llenado.

Según (VEN TE CHOW, 1994) las alcantarillas se clasifican geométricamente en:

- Tubulares (TMC): Sección circular, generalmente de metal corrugado o concreto.
- Marco (Box Culvert): Sección rectangular de concreto armado.
- Bóveda: Sección en arco.

2.2.20.2. Problemática del azolve y reducción de capacidad

El azolve se refiere a la acumulación de sedimentos (tierra, arena, basura, vegetación) en el interior de las obras de drenaje. Este fenómeno ocurre cuando

la velocidad del flujo es insuficiente para transportar las partículas sólidas, permitiendo su asentamiento en el fondo de la estructura (FHWA, 2012).

El impacto directo del azolve es la reducción del Área Hidráulica Efectiva ($A_{efec.}$). Si consideramos una altura de sedimentos (y_{sed}), la capacidad de conducción disminuye drásticamente, no solo por la reducción de área, sino por el aumento de la rugosidad en el lecho sedimentado.

Matemáticamente, el área disponible se expresa:

2.2.20.3. Influencia de la geometría y pendiente en el desempeño hidráulico

$$A_{efec} = A_{total} - A_{sedimentos}$$

La capacidad de conducción de una cuneta o alcantarilla es directamente proporcional a su sección transversal y a la raíz cuadrada de su pendiente. Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC, 2016), una "pendiente inadecuada" (menor al 0.5% en cunetas) reduce la fuerza tractiva del flujo, impidiendo la autolimpieza. Teóricamente, si la sección construida es menor a la de diseño (por invasión de veredas o errores constructivos), el radio hidráulico (R) disminuye, lo que según la ecuación de Manning reduce exponencialmente el caudal admisible, provocando desbordes inmediatos ante lluvias menores al periodo de retorno de diseño (T_r).

2.2.20.4. Impacto de los residuos sólidos en la rugosidad

$$I_e = \left(\frac{Q_{real}}{Q_{diseño}} \right) \times 100$$

La eficiencia hidráulica es un indicador de desempeño que compara la condición actual de una estructura frente a su condición de diseño original.

Según metodologías de gestión de infraestructura vial, la capacidad funcional de una alcantarilla se evalúa mediante la relación entre el caudal que puede transportar en su estado actual (Q real) y el caudal para el cual fue diseñada (Q diseño).

Un valor de $le < 100\%$ indica que la estructura ha perdido capacidad de evacuación, incrementando el riesgo de desborde sobre la calzada o represamiento aguas arriba durante eventos de precipitación máxima.

2.2.20.5. Velocidad de flujo

Para vías urbanas, la velocidad es el parámetro de diseño principal. Si es muy baja, la cuneta se llena de tierra (común en Juliaca); si es muy alta, daña el concreto.

Definición Conceptual:

Es la velocidad media con la que se desplaza la masa líquida a través de la sección transversal de la cuneta o alcantarilla. Según el (MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE, 2012), la velocidad debe mantenerse dentro de límites admisibles para evitar la sedimentación y la erosión.

Velocidad Mínima: Para evitar sedimentación (autolimpieza), se recomienda $V \geq 0.60$ m/s.

Velocidad Máxima: Para cunetas de concreto, generalmente se limita a $V \leq 3$ m/s a 5 m/s (dependiendo de la calidad del concreto).

2.2.20.6. Tensión tractiva (fuerza cortante)

Definición Conceptual: La tensión tractiva, o fuerza cortante media (T_{trac}), es la fuerza que el flujo de agua ejerce sobre el perímetro mojado del canal (fondo y paredes de la cuneta o alcantarilla) en la dirección del flujo. Según (VEN TE CHOW, 1994), el agua que fluye en un canal ejerce una fuerza que actúa sobre el lecho del canal en la dirección del flujo; esta fuerza es simplemente el empuje del agua sobre el área mojada.

En el contexto de Juliaca, debes verificar si la tensión tractiva real supera la tensión tractiva crítica (la necesaria para mover las partículas de sedimento y basura).

Fórmula General:

$$\tau_o = \gamma \cdot R \cdot S$$

Donde:

T: Tensión tractiva media (kg/m^2 o Pa).

γ : Peso específico del agua (1000 kg/m^3 o 9810 N/m^3)

R: Radio hidráulico (m). Se obtiene de dividir el Área mojada (A) entre el Perímetro mojado (P)

S: Pendiente de energía o del fondo del canal (m/m).

2.2.20.7. Impacto de los residuos sólidos en la rugosidad compuesta

La presencia de basura y sedimentos no solo ocupa volumen, sino que altera la física del flujo. (Tucci, 1993), establece que los residuos sólidos urbanos incrementan artificialmente el coeficiente de rugosidad de Manning (n), transformando una superficie lisa ($n=0.015$) en una superficie rugosa y

obstruida ($n > 0.040$). Este fenómeno genera una pérdida de carga hidráulica que reduce la velocidad del flujo; al disminuir la velocidad, se acelera la tasa de sedimentación, creando un círculo vicioso que colapsa la eficiencia de la alcantarilla, tal como se observa en los sistemas sin mantenimiento periódico.

2.2.20.8. Deterioro estructural y vida útil del concreto

El deterioro del concreto (grietas, abrasión) es un indicador de la falta de conservación que afecta la funcionalidad. El American Concrete Institute (ACI 2008) en su normativa 201.2R, advierte que la "abrasión-erosión" aumenta la fricción en las paredes del canal. Si no existe un plan de mantenimiento (sellado de juntas, reposición de paños), el agua se infiltra hacia la subrasante, debilitando el soporte del pavimento y generando hundimientos que alteran la pendiente original, anulando la capacidad de drenaje por gravedad.

2.2.21. Normativa legal:

2.2.21.1. Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338

Promulgación: 31 de marzo de 2009

Reglamento: D.S. N° 001-2010-AG

Artículos relevantes:

- Regula el uso y gestión de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y continentales
- El agua constituye patrimonio de la Nación (dominio inalienable e imprescriptible)
- Establece el marco institucional de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)
- Principios de gestión integrada por cuenca hidrográfica

- Protección de calidad del agua en fuentes naturales y sus bienes asociados

Aplicación en el proyecto: Fundamenta el marco legal para la gestión del agua pluvial y establece los principios de uso sostenible del recurso hídrico en sistemas de drenaje urbano.

2.2.21.2. Reglamento Nacional De Edificaciones (RNE)

2.2.21.2.1. Norma OS.060 - Drenaje Pluvial Urbano (modificado R.M. N° 126-2021-VIVIENDA CE-040)

Aprobación: Reglamento Nacional de Edificaciones

Actualización: R.M. N° 126-2021-VIVIENDA

Contenido técnico:

- Artículo 4.6: Obligatoriedad del sistema de alcantarillado pluvial en localidades con precipitaciones ≥ 10 mm en 24 horas
- Artículo 6: Criterios de diseño para cunetas y evacuación de aguas pluviales
 - Pendiente longitudinal (SL) $> 0.5\%$
 - Pendiente transversal (ST) de 2% a 4%
- Secciones transversales de cunetas: Diseños triangular, trapezoidal y rectangular
- Artículos 16: Diseño y ubicación de sumideros
 - Tipos: laterales en sardinel, de rejilla, mixtos y especiales
 - Espaciamiento mínimo entre sumideros: 6 m en instalaciones múltiples
- Artículo 21: Criterios de evacuación por gravedad y bombeo



- Periodo de retorno: 2 a 10 años para drenaje urbano menor

Aplicación en el proyecto: Define los parámetros técnicos obligatorios para el diseño hidráulico de cunetas y sistemas de captación en vías urbanas de Juliaca.

2.2.21.2.2. Norma CE.010 - Pavimentos Urbanos

Aprobación: D.S. N° 001-2010-VIVIENDA

Publicación: marzo 2010

Contenido relevante:

- Capítulo 2: Información previa para estudios y diseños (topografía, geotecnia, hidrología)
- Capítulo 3: Técnicas de investigación de campo y ensayos de laboratorio
- Capítulo 4: Diseño estructural de pavimentos considerando drenaje
- Capítulo 5: Rotura y reposición de pavimentos para instalación de servicios de drenaje
- Integración del sistema de drenaje con la estructura del pavimento urbano

Aplicación en el proyecto: Establece la relación entre el sistema de drenaje y la estructura vial, criterios de diseño que afectan el comportamiento hidráulico de las cunetas.

2.2.21.3. Normativa Del Ministerio De Transportes Y Comunicaciones (MTC)

Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Aprobación: R.D. N° 20-2011-MTC/14

Vigencia: Actualizado 2011

Contenido técnico:

Sección de Cunetas:

- Fórmula 117: Capacidad hidráulica de cunetas
- Fórmula 118: Caudal de aporte en cunetas
- Diseño de secciones transversales
- Coeficientes de rugosidad de Manning
- Velocidades máximas y mínimas permisibles
- Control de erosión en cunetas

Sección de Alcantarillas:

- Periodo de retorno: 25 años para alcantarillas de quebradas importantes
- Periodo de retorno: 40 años para puentes y defensas ribereñas
- Diseño hidráulico de estructuras de paso
- Criterios de ubicación y espaciamiento
- Obras de arte complementarias

Aplicación en el proyecto: Proporciona las metodologías de cálculo hidráulico e hidrológico para dimensionar correctamente cunetas y alcantarillas en vías urbanas.

2.2.21.3.1. Manual de Mantenimiento o Conservación Vial

Referencia: MTC

Secciones aplicables:

- Sección 203: Reparación menor de cunetas revestidas
- Sección 204: Limpieza de zanjas de coronación
- Sección 206: Limpieza de alcantarillas
- Sección 207: Reparación menor de alcantarillas de concreto
- Sección 208: Reparación menor de alcantarillas metálicas

- Sección 213: Revestimiento y/o reparación mayor de cunetas
- Sección 215: Reparación mayor de alcantarillas de concreto
- Sección 216: Reparación mayor o instalación de alcantarillas metálicas

Aplicación en el proyecto: Establece los criterios para evaluar el estado de conservación de las estructuras existentes y las intervenciones requeridas.

2.2.21.3.2. Normas Técnicas Peruanas (NTP)

NTP Aplicables al Drenaje Vial

- Normas técnicas para materiales de tubería (PVC, concreto, HDPE)
- Especificaciones técnicas según ASTM, AWWA, DIN
- Requisitos de calidad para elementos de drenaje

Aplicación en el proyecto: Establece estándares de calidad para los materiales y elementos del sistema de drenaje.

2.2.22. Normativa Ambiental

Código del Medio Ambiente

D.L. N° 613 del 07.09.90

Aplicación:

- Protección de cuerpos de agua receptores
- Control de calidad del agua pluvial descargada
- Evaluación de impacto ambiental de sistemas de drenaje

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

D.S. N° 023-2009-MINAM

Aplicación:

- Parámetros de calidad para descarga de aguas pluviales
- Protección de ecosistemas acuáticos receptores

2.2.22.1. Normativa Institucional

Ordenanzas Municipales - Municipalidad Provincial de San Román

- Ordenanzas sobre habilitaciones urbanas
- Reglamentos de infraestructura vial urbana
- Normas complementarias locales para Juliaca

Senamhi (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)

- Información meteorológica oficial
- Datos de precipitación para la zona de Juliaca
- Estudios hidrológicos de la región Puno

2.2.22.2. Criterios técnicos complementarios

2.2.22.2.1. Precipitación Pluvial en Juliaca

- Zona geográfica: Sierra sur del Perú, región Puno
- Característica climática: Presencia de lluvias estacionales intensas
- Obligatoriedad: Aplicación de OS.060 por superar 10 mm/24h

2.2.22.2.2. Software de Modelamiento Hidráulico

- H CANALES: Recomendado para análisis hidráulico de sistemas de drenaje
- Aplicación para verificar capacidad de cunetas y alcantarillas ante precipitaciones máximas



Resumen de Aplicación Normativa

Tabla 3:

Resumen de normativa

Norma	Código	Aspecto Regulado
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338	Marco Legal del recurso hídrico
Drenaje Pluvial Urbano	OS.060	Diseño de cunetas y alcantarillas
Pavimentos Urbanos	CE.010	Integración pavimento-drenaje
Manual hidrología MTC	RD 20-2011	Calculo hidráulico e hidrológico
Manual de mantenimiento vial	MTC	Evaluación y conservación
ECA Agua	DS 023-2009-MINAM	Calidad Ambiental

Nota: Elaboración Propia



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación emplea un diseño no experimental y transversal. Es no experimental puesto que se observan los fenómenos tal y como ocurren en su contexto natural —las vías urbanas de Juliaca— sin manipular deliberadamente las variables independientes. Asimismo, es transversal debido a que la recolección de los datos hidráulicos y la evaluación del estado de los elementos de drenaje se realizan en un único momento temporal específico durante el año 2025, con el fin de describir las variables y analizar su incidencia en dicho instante (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es de tipo aplicativo, dado que toma conocimientos teóricos e hidráulicos ya establecidos y los aplica al análisis de la infraestructura de drenaje existente. El propósito es evaluar su funcionamiento real y proponer lineamientos de mejora adaptados al contexto urbano de Juliaca. Se fundamenta en bases teóricas existentes (hidráulica de canales y tuberías) con

el objetivo de resolver problemas prácticos y concretos, en este caso, la evaluación y mejora del drenaje pluvial en Juliaca. Se busca utilizar el conocimiento para ofrecer soluciones o diagnósticos funcionales (Arias Gonzales, 2021).

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación es descriptivo con causal explicativo:

- Descriptivo, porque caracteriza el estado físico, geométrico e hidráulico de las cunetas y alcantarillas. el objetivo es recopilar datos e información sobre las características, propiedades y dimensiones de los objetos o fenómenos estudiados (en este caso, las estructuras hidráulicas) para determinar sus modos de ser (Ñaupas et al., s. f.).
- Explicativo, porque analiza las causas que generan deficiencias en la capacidad de drenaje y sus efectos sobre el comportamiento hidráulico de la vía. busca verificar hipótesis causales para descubrir las leyes o relaciones que explican por qué ocurren los hechos y cómo se comportan las variables dentro del sistema estudiado (Ñaupas et al., s. f.).

3.4. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, debido a que se fundamenta en la recopilación, medición y análisis numérico de las características geométricas e hidráulicas de las cunetas y alcantarillas existentes en las vías urbanas de Juliaca. Este enfoque permite obtener resultados objetivos y comparables en función del comportamiento hidráulico de los sistemas de drenaje, se caracterizan por su capacidad para medir cantidades y permitir el análisis estadístico de los datos recolectados. Este

enfoque es idóneo cuando se busca probar hipótesis previamente planteadas mediante resultados uniformizados y objetivos (Medina et al., 2023)

3.5. MÉTODO

Se utiliza el método analítico, el cual permite descomponer el sistema de drenaje en sus componentes (cunetas, alcantarillas, secciones geométricas, capacidades hidráulicas) para analizarlos de manera ordenada y determinar su comportamiento individual y conjunto frente a los caudales pluviales.

3.6. POBLACIÓN

La población está constituida por todas las cunetas y alcantarillas existentes en las vías urbanas de Juliaca durante el año 2025, considerando diferentes tipologías, dimensiones y estados de conservación.

3.7. MUESTRA

La muestra es no probabilística, por conveniencia, seleccionada en función de los sectores viales que presentan mayores deficiencias de drenaje pluvial.

Los tramos representativos seleccionados incluyen:

- Avenida Ferrocarril
- Avenida Independencia
- Avenida Circunvalación
- Zonas críticas con registros de aniegos recurrentes

La elección se realizó considerando accesibilidad, presencia de problemas hidráulicos y representatividad del comportamiento del drenaje urbano de Juliaca.

3.8. MATERIALES Y EQUIPOS

3.8.1. Técnicas e instrumentos

Técnica

Para el desarrollo de la investigación se emplean las siguientes técnicas:

a) Observación directa

Permite identificar el estado físico de las cunetas y alcantarillas, presencia de obstrucciones, colmatación, erosión, deterioro estructural y funcionamiento durante precipitaciones.

b) Medición in situ

Incluye la toma de datos geométricos como:

- Ancho y profundidad de cunetas
- Pendientes longitudinales
- Dimensiones de alcantarillas
- Altura de bordillos
- Secciones transversales

c) Revisión documental

Incluye la consulta de:

- Datos históricos de precipitaciones del SENAMHI
- Manuales del MTC: Hidrología, Drenaje y Obras de Arte
- Manuales internacionales de drenaje urbano
- Planos y documentos municipales

Instrumento

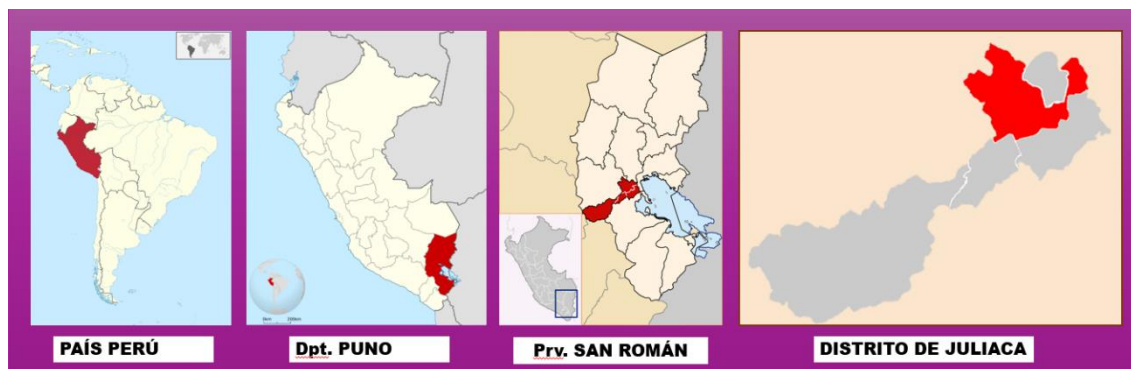
Para la obtención y registro de información se emplean:

- Fichas de campo, para registrar las características geométricas y condiciones observadas.
- Guía de observación estructurada, para evaluar de forma sistemática cada punto.
- Cámara fotográfica o celular, para documentar visualmente el estado de las cunetas y alcantarillas.
- Cinta métrica y nivel, para mediciones simples (si fuese necesario).
- Software de análisis hidráulico, en caso de modelar caudales de diseño.

3.9. LUGAR DEL ESTUDIO

El estudio se desarrolla en el distrito de Juliaca, ubicado en la provincia de San Román, departamento de Puno. Este ámbito presenta características urbanas con problemas recurrentes de acumulación de agua e inundaciones, por la deficiencia de sus sistemas de drenaje superficial.

- Departamento: Puno
- Provincia: San Román
- Distrito: Juliaca
- Coordenadas geográficas: 15° 29' Latitud Sur y 70° 08' Longitud Oeste
- Altitud: Entre 3,816 y 3,875 m.s.n.m.
- Región natural: Suni o Jalca (según clasificación de Javier Pulgar Vidal)

**Ilustración 1:**

Ubicación de la ciudad de Juliaca

Fuente: Elaboración Propia

LÍMITES TERRITORIALES

- Norte: Limita con Madre de Dios (departamento de Puno)
- Este: Limita con Bolivia, compartiendo las aguas del Lago Titicaca
- Sur: Limita con Tacna y Moquegua
- Oeste: Limita con Arequipa y Cusco

ANÁLISIS CONTEXTUAL MACRO

La ciudad de Juliaca, ubicada en la provincia de San Román (Puno), es una de las urbes con mayor crecimiento poblacional y expansión urbana del sur del Perú. Su desarrollo acelerado ha generado una ocupación desordenada del suelo, donde una gran cantidad de barrios y urbanizaciones no cuentan con una adecuada infraestructura vial ni sistemas eficientes para la evacuación de aguas pluviales.

El crecimiento urbano espontáneo ha ocasionado que muchas vías no cuenten con cunetas, drenajes transversales o alcantarillas funcionales, lo que reduce la capacidad del sistema para manejar los caudales generados durante la temporada de lluvias. Además, la falta de mantenimiento periódico agrava el

problema, aumentando la probabilidad de inundaciones y daños a la infraestructura vial.

Juliaca se encuentra en el altiplano peruano, sobre una planicie cuaternaria de origen fluvio-lacustre generada por el antiguo afluente del río Coata (hoy en extinción, llamado Torococha o Torococha). Su ubicación estratégica la convierte en un nexo vial y comercial fundamental del sur del Perú, siendo considerada el "corazón o pivote (ombligo)" del altiplano peruano.

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

Relieve

- Topografía mayormente plana con ligeras ondulaciones
- Territorio amplio y plano que ha estimulado la expansión urbana acelerada
- Ausencia de mayores obstáculos geográficos para el crecimiento urbano
- Presencia de cerros circundantes: Espinal, Monos, Santa Cruz (en la zona sur)

Características del suelo

- Origen fluvio-lacustre cuaternario
- Suelos con moderada capacidad de infiltración
- Presencia de antiguos cauces del río Torococha (extinto)

Hidrografía

- Pertenece a la cuenca del río Coata
- Afluente del Lago Titicaca
- Sistema de drenaje natural limitado por la topografía plana

- Canal de Torococha: curso de agua que atraviesa la ciudad (actualmente deteriorado)

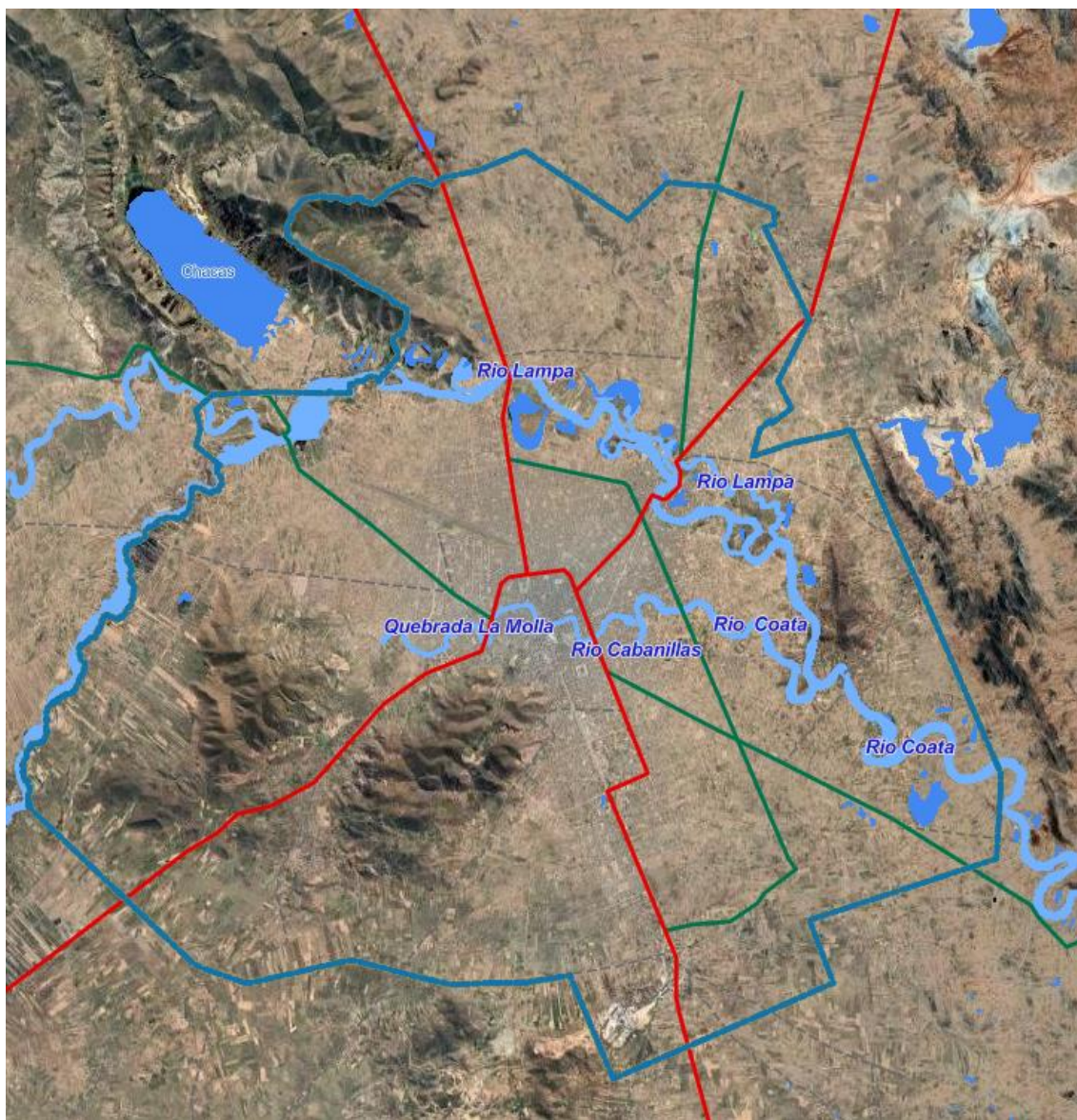


Ilustración 2:

Hidrología de Juliaca

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS:

Tipo de clima

- Clima frío de alta montaña (región Suni)
- Días soleados y noches frías, con fuertes variaciones térmicas diarias

- Clima seco y frío característico del altiplano

Temperatura

- Temperatura media anual: Entre 7°C y 10°C
- Temperatura máxima: Superiores a 20°C (hasta 22°C)
- Temperatura mínima: Entre -1°C y -16°C
- Variación térmica diaria: Muy marcada entre sol y sombra, día y noche

Precipitaciones Pluviales

- Precipitación total anual: Aproximadamente 652 mm (según datos de SENAMHI)
- Régimen estacional: Concentrado en 4 meses (diciembre a marzo)
- Temporada de lluvias: Diciembre a marzo (verano austral)
- Temporada seca: Mayo a agosto (invierno austral)
- Características: Lluvias de gran intensidad y corta duración, acompañadas frecuentemente de granizadas y descargas eléctricas

Fenómenos Meteorológicos

- Heladas intensas durante el invierno (mayo a agosto)
- Granizadas frecuentes durante la temporada de lluvias
- Descargas eléctricas (rayos) asociadas a precipitaciones
- Vientos con velocidades cercanas a 35 km/h durante eventos lluviosos

Caracterización Demográfica y Urbana

Población histórica (Censos):

- 1993: 142,576 habitantes
- 2007: 216,716 habitantes (crecimiento de 3.7% anual)
- 2015: 226,531 habitantes (proyección INEI)
- 2016: 294,867 habitantes (PDU Juliaca)

- 2025: 370,714 habitantes (proyección a largo plazo)

-Composición urbano-rural:

- Población urbana (2007): 90% (216,716 habitantes)
- Población rural (2007): 10% (20,166 habitantes)
- De cada 100 personas en la provincia de San Román, 91 viven en zona urbana

-Tasa de crecimiento:

- Promedio histórico (1993-2007): 3.7% anual
- Período 1963-2007: 2.8% anual (promedio general)

-Migración:

Juliaca continúa siendo polo de atracción poblacional

11.7% de residentes en 2017 vivían en otro lugar hace 5 años

Origen de migrantes:

7.7% de otros distritos de Puno

2.2% de otras regiones del sur del Perú

1.8% de otras regiones del país

-Población flotante: Significativa debido a actividades comerciales y ferias

-Estructura Urbana

Extensión urbana:

Más de 350 asentamientos humanos que estructuran la urbanización

Crecimiento urbano acelerado y desordenado (fenómeno demótico)

Expansión facilitada por topografía plana y sin obstáculos geográficos

Principales sectores urbanos:

Zona Norte: Urbanizaciones La Revolución, San Francisco, Cincuentenario,

Miraflores, Independencia

Zona Centro: Centro histórico, mercados Túpac Amaru, Las Mercedes

Zona Sur: Taparachi, Néstor Cáceres, Urbanización Municipal

Zona Este: Tambopata, Huancané, Parque Industrial

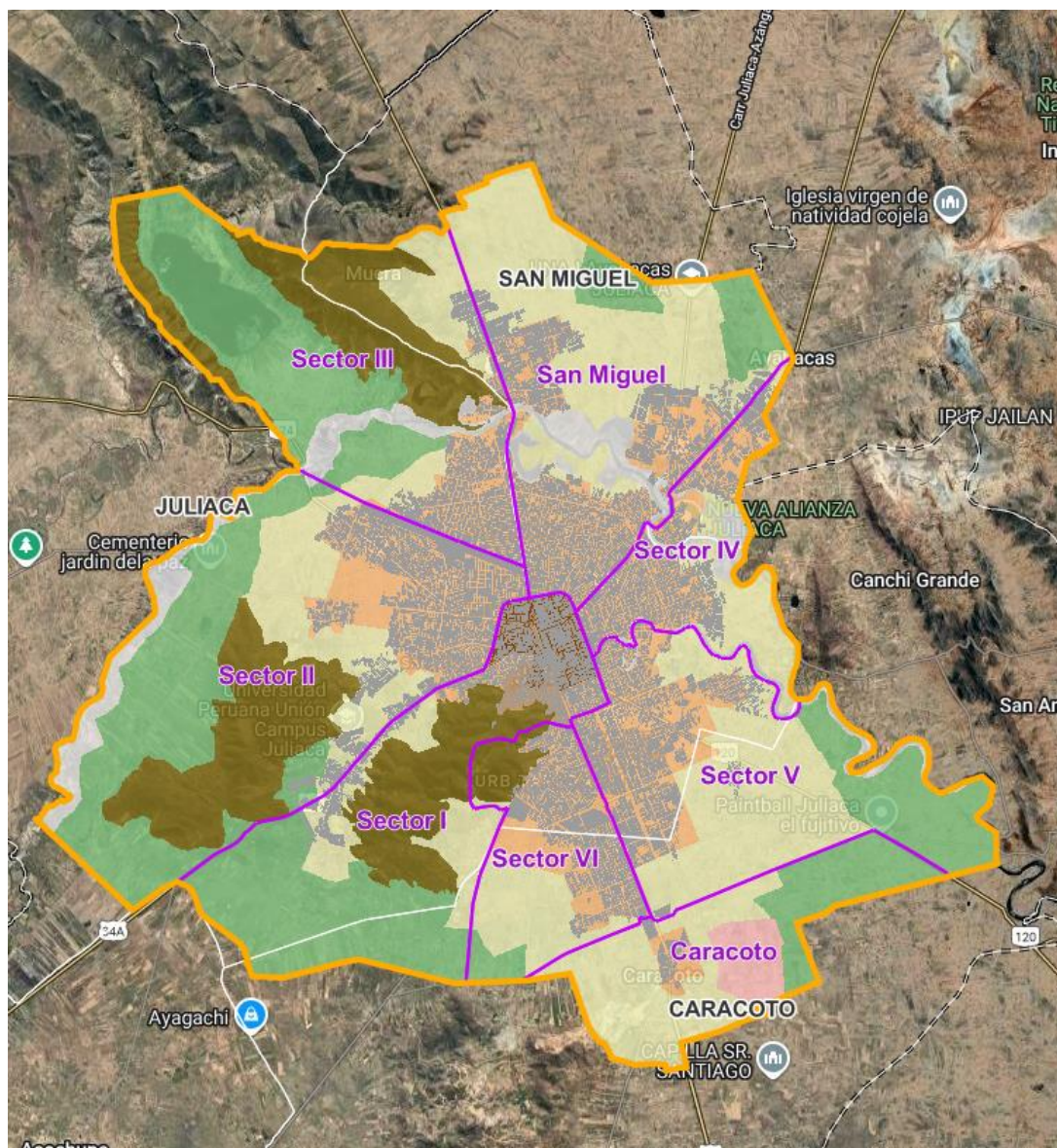


Ilustración 3:

Sectorización de la Ciudad

Jerarquía urbana:

Primera ciudad comercial, industrial y financiera de la Región Puno

Centro urbano más importante del altiplano peruano después de Arequipa

Polo de desarrollo regional fundamental del sur del Perú

-Características Socioeconómicas

Población Económicamente Activa (PEA):

PEA total: 191,394 personas (dato 2015)

PEA urbana: 93.8%

PEA rural: 6.2%

Tasa de ocupación (2024): 92.4% (puesto 7 en desocupación entre 27 ciudades)

Tasa de desocupación: 7.6%

-Principales actividades económicas:

Comercio: Actividad predominante (ferias comerciales, centros comerciales)

Transporte y almacenamiento: 15,432 trabajadores (64.5% independientes)

-Servicios: 60.3% de población ocupada

Manufactura: 8.3%

Agricultura, pesca y minería: 24.8%

-Parque automotor:

- 58,863 unidades registradas (2023)
- Incremento del 23% respecto al 2016
- Tráfico significativo: 1,427,656 unidades circularon por peaje de Caracoto en 2023 (58% de todo el departamento)

Indicadores de pobreza (2024):

- Pobreza: 18.9% (provincia de San Román)
- Pobreza extrema: 4.9%

Nota: Son los indicadores más bajos entre las 10 provincias de Puno

Características Del Sistema Vial De Juliaca

-Red Vial Urbana

Características generales:

Red vial convergente-divergente (ingreso-salida hacia puntos cardinales)

Conexión con ciudades principales:

Norte: Cusco (vía Ayaviri, Sicuani)

Sur: Puno (antiguo camino inca de Orqosuyo)

Este: Huancané, frontera con Bolivia

Oeste: Arequipa

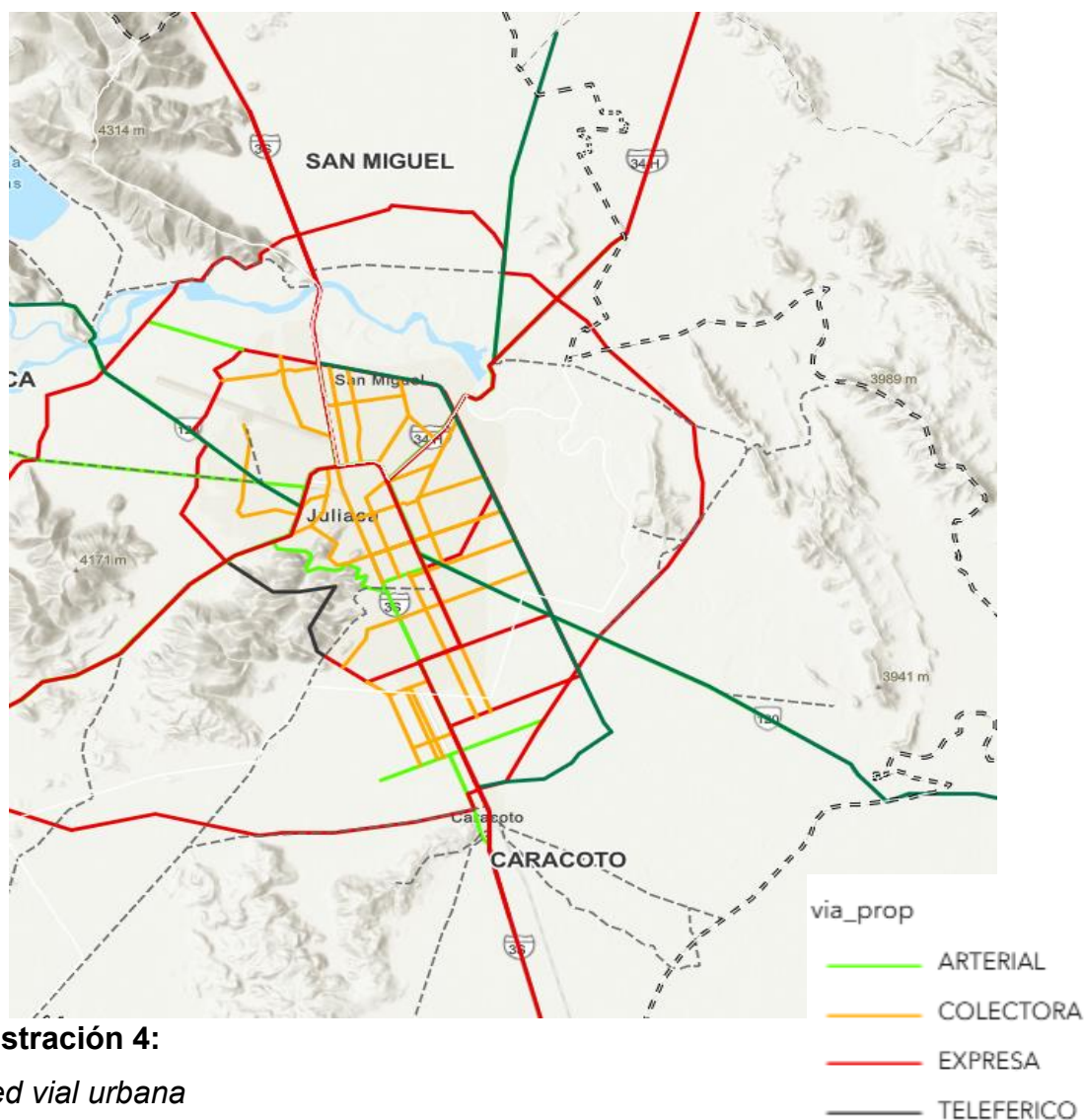


Ilustración 4:

Red vial urbana



Vías principales:

Avenida Circunvalación

Jirón Lima

Jirón Piérola

Jirón 7 de junio

Jirón Benigno Ballón

Bypass (salidas a Cusco y Huancané)

Estado de pavimentos:

Muchas vías asfaltadas (principales)

Deterioro acelerado por falta de drenaje adecuado

Daños por ciclos de inundación-secado

Infraestructura de Drenaje Vial Existente

Cunetas:

Predominantemente de sección triangular

Muchas sin revestimiento (tierra o concreto deteriorado)

Signos evidentes de erosión

Pendientes inadecuadas en varios tramos

Obstrucción frecuente por residuos sólidos



Ilustración 5:

Cunetas deterioradas



Ilustración 6:

Cunetas con concreto deteriorado

Alcantarillas:

Capacidad deficiente para redirigir flujos

Signos de erosión en entrada y salida

Sedimentación interna

Subdimensionamiento para caudales actuales

Canal de Torococha:

Atraviesa la ciudad (especialmente zona de mercados)

Estado de deterioro crítico

Colmatado con lodo, basura y escombros

No fue limpiado adecuadamente

Obstrucción impide flujo correcto del agua

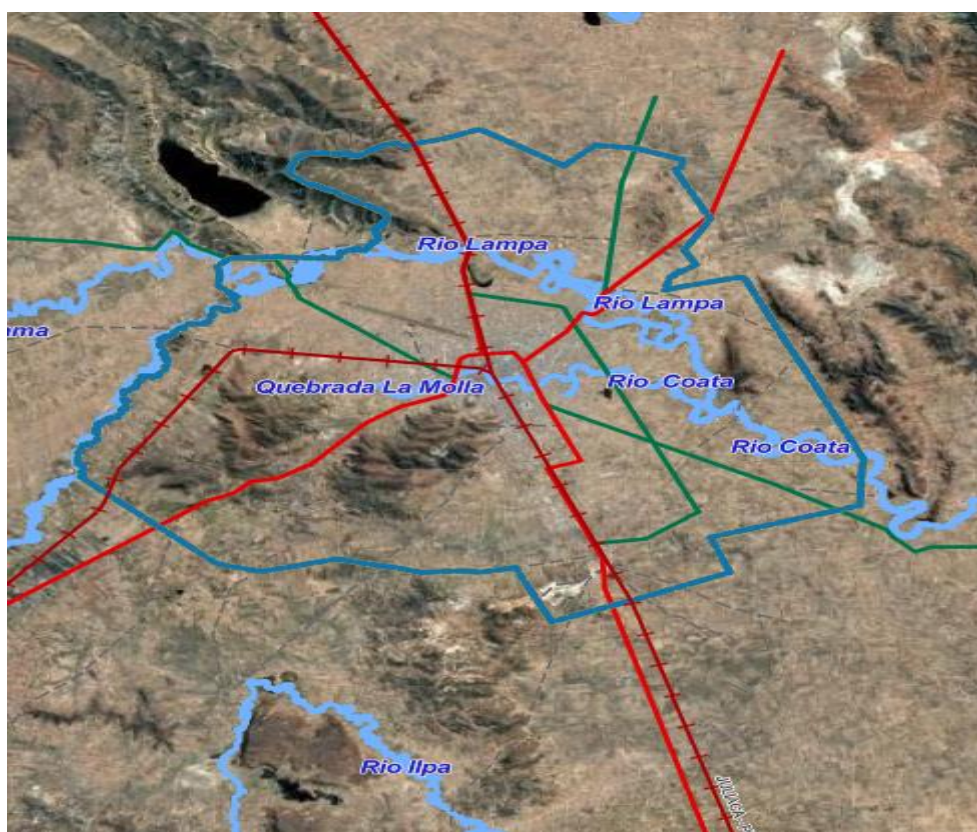


Ilustración 7:

hidrología principal de la ciudad de Juliaca

Nota. La imagen muestra la red hidrográfica principal asociada a la ciudad de Juliaca. Se identifican cursos de agua destacados como el río Lampa (trazado en azul en varios sectores), la quebrada La Molla (al oeste) y el río Coata (al este), los cuales forman parte del sistema natural de drenaje de la cuenca. Asimismo, se observa el río Ilpa en la zona sur. Las líneas rojas representan las vías principales que atraviesan y conectan la ciudad, mientras que las líneas verdes delimitan sectores urbanos o áreas de influencia. Esta configuración permite visualizar la relación entre la infraestructura vial y los cauces naturales, evidenciando los puntos donde el crecimiento urbano interactúa directamente con los sistemas hídricos.

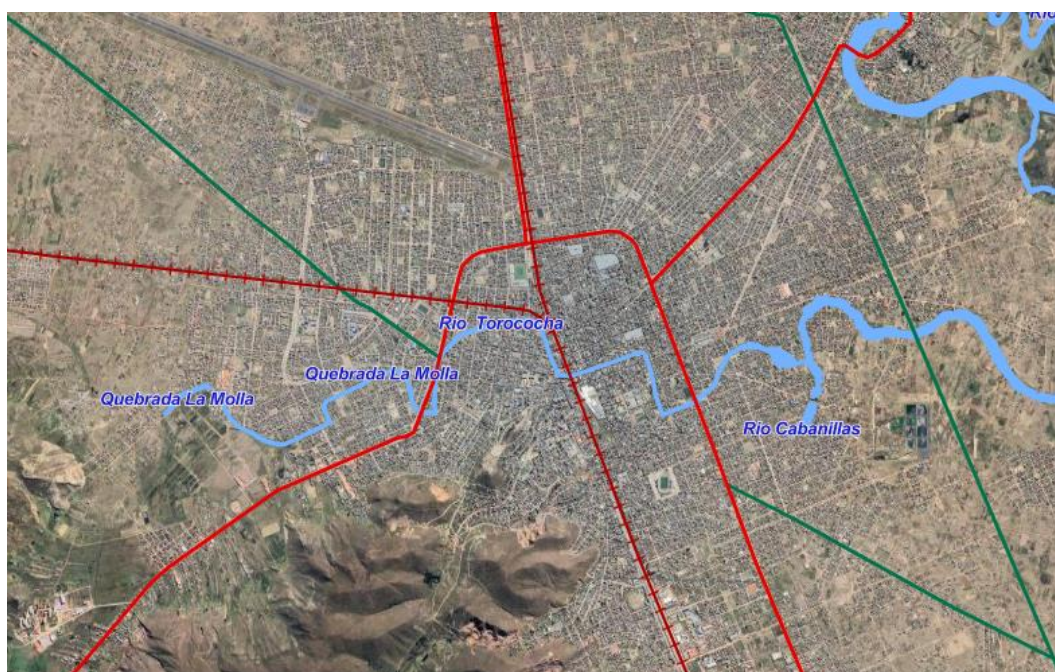


Ilustración 8:

Vista satelital del Sistema hidrográfico del río Torococha

Nota. En la imagen se observa el recorrido del río Torococha (color azul, centro) atravesando la zona urbana de Juliaca de este a oeste, las quebradas La Molla (oeste, color azul) como afluentes del sistema, y el río Cabañillas (este, color azul) como curso independiente. Las líneas rojas delimitan vías principales y las líneas verdes el perímetro urbano aproximado.

3.10. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se ejecutó una secuencia metodológica dividida en fases de gabinete y campo, aplicando los siguientes procedimientos para cada objetivo específico:

3.10.1. Procedimiento: análisis de la capacidad hidráulica de las cunetas en función de las precipitaciones

Fase 1: Hidrología y Procesamiento de Datos (Gabinete) Se recopilaron los registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológica del SENAMHI correspondiente a la zona de estudio en Juliaca. Con esta información, se realizó el análisis estadístico de las series de datos, aplicando pruebas de bondad de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) para determinar la distribución probabilística teórica más adecuada (Gumbel y Log-Pearson Tipo III). Posteriormente, se generaron las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representativas para la ciudad. Se determinó la intensidad de diseño (I) seleccionando los periodos de retorno (T_r) normativos para infraestructura de drenaje urbano, asegurando la validez hidrológica de los caudales calculados.

Fase 2: Levantamiento de Información (Campo), En los tramos seleccionados de la muestra (Av. Ferrocarril, Avenida Independencia, Av. Circunvalación, etc.), se delimitaron las cuencas de aporte correspondientes, identificando las áreas tributarias que drenan hacia cada sección de cuneta. Se determinó el coeficiente de escorrentía (C) mediante la observación directa de la cobertura superficial (pavimento, afirmado, etc.) en cada sector. Asimismo, utilizando cinta métrica y nivel de mano, se realizaron mediciones geométricas in situ,

registrando las secciones transversales (ancho, profundidad, talud) y las pendientes longitudinales (S) de las cunetas existentes.

Fase 3: Procesamiento Hidráulico. Se procedió al cálculo de dos variables fundamentales:

- Caudal de Aporte (Q aporte): Se calculó mediante la fórmula del Método Racional ($Q = 0.278 * CIA$).
- Capacidad Máxima de la Cuneta (Q capacidad): Se empleó la ecuación de Manning, asignando coeficientes de rugosidad (n) acordes al estado de conservación del material observado (concreto, tierra o mampostería). Finalmente, se compararon ambos valores, determinando en qué tramos la demanda hidrológica superaba la capacidad física de la infraestructura.

3.10.2. Procedimiento: determinación de la eficiencia de las alcantarillas

Fase 1: Inspección y Catastro (Campo) Se llevó a cabo un inventario físico de las alcantarillas ubicadas en los tramos críticos de la muestra. Mediante el uso de fichas de campo, se registró el estado actual de cada estructura, midiendo sus dimensiones geométricas reales (diámetro o sección rectangular). Un aspecto clave fue la medición del nivel de azolve (sedimentos) acumulado en el interior de los conductos, dato necesario para determinar el área hidráulica efectiva disponible al momento del estudio.

Fase 2: Modelamiento y Cálculo de Eficiencia (Gabinete) Con los datos de campo, se calculó la capacidad hidráulica real de cada alcantarilla considerando las obstrucciones medidas, utilizando software especializado en canales y tuberías (H-Canales). Posteriormente, se determinó el Índice de Eficiencia Hidráulica (I_e) aplicando la relación porcentual entre el caudal real

admisible en las condiciones actuales y el caudal de diseño teórico. Esto permitió cuantificar la reducción de la capacidad de evacuación pluvial en cada punto evaluado.

3.10.3. Procedimiento: identificación de deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento

Fase 1: Evaluación Patológica (Campo) Se aplicó la técnica de observación directa mediante recorridos peatonales exhaustivos en las zonas de estudio. Se utilizó una guía de observación estructurada para identificar y clasificar las anomalías en tres categorías:

- Deficiencias de Diseño: Se verificaron pendientes inadecuadas, secciones insuficientes y ubicación errónea de sumideros.
- Deficiencias Constructivas: Se registraron fallas como disgregación del concreto, fisuras estructurales y malos acabados.
- Deficiencias de Mantenimiento: Se documentó la presencia de obstrucciones por residuos sólidos, sedimentación y vegetación.

Simultáneamente, se realizó un registro fotográfico detallado de cada patología identificada para sustentar la evidencia visual del informe.

Fase 2: Sistematización y Análisis (Gabinete) La información recolectada en las fichas se sistematizó en una matriz de deficiencias. Se aplicó un análisis de frecuencias (Diagrama de Pareto) para jerarquizar las causas principales del mal funcionamiento del sistema.

Finalmente, se estableció la correlación cualitativa y cuantitativa entre las deficiencias predominantes (especialmente la falta de



mantenimiento) y las zonas reportadas con aniegos recurrentes, explicando así el origen de las fallas en el comportamiento hidráulico.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultado del objetivo específico 01

"En cumplimiento del primer objetivo específico, se determinó la capacidad de conducción de las cunetas existentes en los jirones y avenidas seleccionadas de la ciudad de Juliaca. El análisis se fundamentó en la comparación entre la capacidad hidráulica instalada (caudal de oferta) y el caudal de escorrentía superficial (caudal de demanda) generado por las precipitaciones de diseño.

Los resultados se obtuvieron aplicando la ecuación de Manning, considerando coeficientes de rugosidad (n) estimadas in situ según el estado de conservación del concreto. Estos valores fueron contrastados con los caudales máximos calculados mediante el Método Racional para periodos de retorno de 10 y 25 años. Para ello, se utilizó la data pluviométrica de la estación Juliaca, complementada y validada con información hidrológica e hidráulica de diversos expedientes técnicos locales. A continuación, se detallan las secciones que presentan insuficiencia hidráulica (desbordes) y aquellas que cumplen con lo establecido en la normativa sobre borde libre.

EVALUACION DE CAUDALES DE DISEÑO (DEMANDA) DE LAS CUNETAS TRIANGULARES DE CONCRETO APLICANDO EL METODO RACIONAL

Q metodo racional= 0.278 x C x I x A									
Segun MTC A<=10 km² Segun RNE A<=13 km²									
UBICACIÓN	CUNETA COD	SECCION TIPO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						
			COEF. ESCORR	INT. PRECIP.	AREA		CAUDAL MAX DISEÑO		
			C	I (mm/h)	A1 (km2)	A2 (km2)	Q1	Q2	Q (m3/s)
AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-02		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-03		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-04		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-05		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-06		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-07		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-08		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-09		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-10		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-12		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-13		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-14		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-15		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-16		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-17		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-18		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-19		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-20		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
AV. ANDRES AVELINO CACERES- JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-22		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-23		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-24		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-25		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-26		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-27		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-28		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-29		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-30		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-32		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-33		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-34		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-35		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-36		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-37		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-38		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-39		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-40		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO- JR GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR PATALIA	CN-41	CONCRETO	0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-42		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-43		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-44		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-45		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-46		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-47		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-48		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-49		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-50		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177

Ilustración 9:

Capacidad hidraulica- metodo racional

En la Ilustración N°9 se puede apreciar que mediante la aplicación del Método Racional ($Q=CIA$), se determinaron los caudales de diseño para los 50 tramos de cunetas evaluados en las avenidas principales de Juliaca. Los resultados se presentan jerarquizados según su demanda hidráulica:

- Av. Ferrocarril (Cunetas CN-31 a CN-40): Presenta la mayor demanda hidráulica del estudio con un caudal de $Q = 0.0211 \text{ m}^3/\text{s}$. A pesar de tener una intensidad de lluvia baja, el gran tamaño de su área de aporte ($A=0.0180 \text{ km}^2$) genera el mayor volumen de agua a evacuar.
- Av. Abancay (Cunetas CN-11 a CN-20): Registra el segundo valor más alto con $Q = 0.0199 \text{ m}^3/\text{s}$. Este tramo es crítico debido a la alta intensidad de precipitación ($I=20.00 \text{ mm/h}$) y un alto coeficiente de escorrentía, lo que genera flujos rápidos hacia las cunetas.
- Av. Héroes de la Guerra (Cunetas CN-41 a CN-50): Muestra un caudal intermedio de $Q = 0.0177 \text{ m}^3/\text{s}$, resultado de una intensidad moderada (12.77 mm/h) y un coeficiente de escorrentía de 0.8.
- Av. Circunvalación (Cunetas CN-01 a CN-10): Obtuvo un caudal de $Q = 0.0142 \text{ m}^3/\text{s}$. Aunque este sector es el más impermeable ($C=0.95$), su área de aporte reducida limita el volumen total de agua en comparación con los sectores anteriores.
- Av. Andrés Avelino Cáceres (Cunetas CN-21 a CN-30): Presenta el menor caudal de diseño con $Q = 0.0106 \text{ m}^3/\text{s}$, debido principalmente a un coeficiente de escorrentía bajo (0.51), lo que indica mayor infiltración y menor flujo superficial.

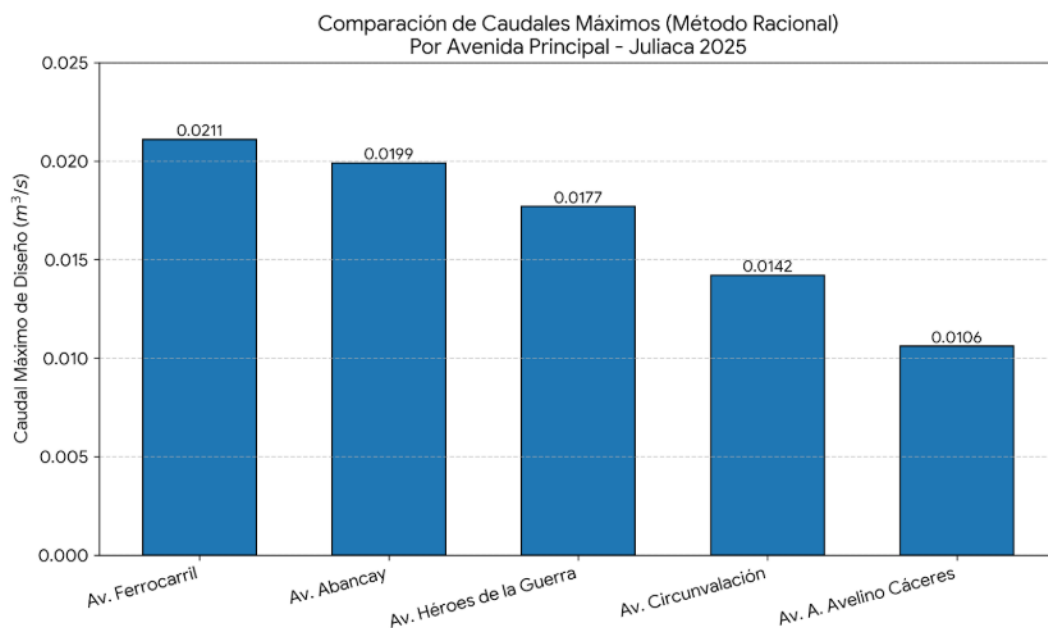


Ilustración 10:

Comparación de caudales máximos (método racional)

El análisis hidrológico establece que las cunetas de Juliaca deben tener capacidad para transportar un rango de caudales entre 10.6 l/s y 21.1 l/s.

Los tramos de la Av. Ferrocarril (CN-31 al CN-40) representan el punto más crítico del sistema, requiriendo la mayor sección hidráulica para evitar desbordes.



EVALUACION TEORICA DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN (CAUDAL OFERTA) DE LAS CUNETAS TRIANGULARES DE CONCRETO APLICANDO LA ECUACION DE MANNING

CAUDAL EN CUNETAS TRIANGULARES, APLICANDO MANNING																											
DISEÑO																	Q=0.278 x C x I x A										
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										met racion	ANALISIS							
	COD	TIPO	DE	A	(m)		AGUAS		altura de agua	Espejo de agua	Z	Coef. Rug manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendientes	Capacidad de caudal	Veloc									
							ARRIBA.	ABAJO.													n	A m2	P m	R m	S m/m	Q capax m3/s	V m/s
AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA-JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0+980	1+037	57	DER	3823.80	3823.60	0.10	1.00	10.00	0.012	0.0500	1.1050	0.0452	0.0035	0.0313	0.6261	0.0142	OK							
	CN-02		0+980	1+036	56	IZQ	3823.68	3823.48	0.10	1.00	10.00	0.012	0.0500	1.1050	0.0452	0.0036	0.0316	0.6988	0.0142	OK							
	CN-03		0+766	0+814	48	DER	3824.00	3823.82	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0037	0.0152	0.3700	0.0142	OK							
	CN-04		0+766	0+815	49	IZQ	3824.09	3823.90	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0039	0.0154	0.3763	0.0142	OK							
	CN-05		0+908	0+960	52	DER	3824.34	3824.14	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0038	0.0154	0.3747	0.0142	OK							
	CN-06		0+908	0+959	51	IZQ	3824.41	3824.22	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0037	0.0151	0.3688	0.0142	OK							
	CN-07		0+993	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0037	0.0128	0.3406	0.0142	ERROR							
	CN-08		0+990	1+046	56	IZQ	3824.84	3824.65	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0034	0.0123	0.3260	0.0142	ERROR							
	CN-09		0+993	1+050	57	DER	3825.09	3824.89	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0035	0.0147	0.3579	0.0142	OK							
	CN-10		0+993	1+051	58	IZQ	3825.21	3825.02	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0034	0.0144	0.3523	0.0142	OK							
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0+520	0+600	80	DER	3869.70	3870.00	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0200	0.4233	0.0199	OK							
	CN-12		0+520	0+600	80	IZQ	3869.68	3870.00	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK							
	CN-13		0+525	0+575	50	DER	3868.60	3868.80	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK							
	CN-14		0+525	0+586	61	IZQ	3868.59	3868.83	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0039	0.0205	0.4336	0.0199	OK							
	CN-15		0+450	0+508	58	DER	3868.65	3868.42	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK							
	CN-16		0+451	0+509	58	IZQ	3868.64	3868.41	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK							
	CN-17		0+141	0+226	85	DER	3869.72	3869.38	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK							
	CN-18		0+145	0+227	82	IZQ	3869.70	3869.39	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0202	0.4261	0.0199	OK							
	CN-19		0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0202	0.4261	0.0199	OK							
	CN-20		0+453	0+535	82	IZQ	3869.82	3869.50	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0039	0.0204	0.4317	0.0199	OK							
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0+174	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	0.10	0.50	5.26	0.012	0.0238	0.6039	0.0393	0.0030	0.0124	0.3162	0.0106	OK							
	CN-22		0+202	0+140	62	IZQ	3826.63	3826.45	0.10	0.50	5.26	0.012	0.0238	0.6039	0.0393	0.0030	0.0124	0.3162	0.0106	OK							
	CN-23		0+174	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.0106	OK							
	CN-24		0+173	0+115	58	IZQ	3826.10	3825.87	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.0106	OK							
	CN-25		0+176	0+116	60	DER	3826.20	3825.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0045	0.0141	0.3754	0.0106	OK							
	CN-26		0+175	0+115	60	IZQ	3826.23	3825.96	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0045	0.0141	0.3754	0.0106	OK							
	CN-27		0+154	0+097	57	DER	3827.15	3826.98	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.0106	OK							
	CN-28		0+153	0+096	57	IZQ	3827.10	3826.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.0106	OK							
	CN-29		0+202	0+141	61	DER	3827.00	3827.09	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0015	0.0081	0.2149	0.0106	ERROR							
	CN-30		0+201	0+140	61	IZQ	3827.00	3826.94	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0010	0.0068	0.1798	0.0106	ERROR							
AV. FERROCARRIL - AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0+000	0+180	180	DER	3825.80	3827.00	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0067	0.0248	0.5856	0.0211	OK							
	CN-32		0+000	0+180	180	IZQ	3825.80	3827.00	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0067	0.0248	0.5856	0.0211	OK							
	CN-33		0+000	0+060	60	DER	3825.40	3825.70	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0050	0.0215	0.5072	0.0211	OK							
	CN-34		0+000	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.73	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0051	0.0217	0.5113	0.0211	OK							
	CN-35		0+000	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0040	0.0193	0.4556	0.0211	ERROR							
	CN-36		0+000	0+186	186	IZQ	3826.00	3826.62	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0033	0.0100	0.3211	0.0211	ERROR							
	CN-37		0+000	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0023	0.0083	0.2674	0.0211	ERROR							
	CN-38		0+000	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0024	0.0084	0.2700	0.0211	ERROR							
	CN-39		0+000	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	0.11	0.60	5.45	0.012	0.0330	0.7200	0.0458	0.0040	0.0223	0.4860	0.0211	OK							
	CN-40		0+000	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	0.11	0.60	5.45	0.012	0.0330	0.7200	0.0458	0.0040	0.0223	0.4860	0.0211	OK							
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO- JR. LUIS BANCHERO-JR GUAYAQUIL-JR. TITICACA- JR. SAN CAMILO-JR PATALLA	CN-41	CONCRETO	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0050	0.0203	0.4583	0.0177	OK							
	CN-42		0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0050	0.0203	0.4583	0.0177	OK							
	CN-43		0+000	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0045	0.0192	0.4348	0.0177	OK							
	CN-44		0+000	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0045	0.0192	0.4348	0.0177	OK							
	CN-45		0+000	0+080	40	DER	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0177	ERROR							
	CN-46		0+000	0+080	40	IZQ	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0177	ERROR							
	CN-47		0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0030	0.0136	0.3310	0.0177	ERROR							
	CN-48		0+040	0+070	30	IZQ	3826.65	3826.56	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0030	0.0136	0.3310	0.0177	ERROR							
	CN-49		0+000	0+055	55	DER	3826.30	3826.08	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0040	0.0181	0.4099	0.0177	OK							
	CN-50		0+000	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0040	0.0181	0.4099	0.0177	OK							

Ilustración 11:

Determinación del caudal oferta – ecuación de diseño de manning

Según la ilustración N° 11, se evaluó la capacidad de conducción de las cunetas triangulares de concreto ($n=0.012$) utilizando la fórmula de Manning.

Se comparó el Caudal de la Capacidad de la Cuneta (Q_{cap}) frente al Caudal de Aporte Pluvial ($Q_{diseño}$) calculado anteriormente.

Los resultados de la verificación hidráulica ($Q_{cap} > Q_{diseño}$) muestran el siguiente diagnóstico de acuerdo a la ilustración N° 11 por tramos:

A. Av. Ferrocarril (Situación: CRÍTICA):

Este sector presenta el mayor déficit hidráulico; no obstante, las cunetas CN-31 a CN-34 cumplen con la capacidad hidráulica requerida para evacuar el caudal de diseño ($0,0248 > 0,0211 \text{ m}^3/\text{s}$). Sin embargo, a partir del tramo medio, el sistema presenta una pérdida de capacidad hidráulica que impide su adecuado funcionamiento hidráulico.

Tramos Críticos (CN-36 a CN-38): Estas cunetas no cumplen con la capacidad hidráulica mínima exigida, ya que presentan una capacidad de $0,0083 \text{ m}^3/\text{s}$ frente a una demanda pluvial de $0,0211 \text{ m}^3/\text{s}$. La capacidad disponible representa menos del 40 % del caudal requerido, lo que incumple los criterios de diseño hidráulico y genera inundaciones inmediatas en el sector, debido a una sección hidráulica y/o pendiente longitudinal insuficientes.

B. Av. Héroes de la Guerra (Situación: DEFICIENTE)

Se identifica un comportamiento hidráulico dual en el sector evaluado. Mientras los tramos iniciales presentan un funcionamiento adecuado, la segunda mitad del sector muestra fallas recurrentes.

Tramos operativos (OK): Las cunetas CN-41 a CN-44 cuentan con capacidad hidráulica suficiente, alcanzando $0,0203 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que permite la evacuación del caudal evaluado.

Tramos Críticos (ERROR: CN-45 a CN-48): La capacidad hidráulica se reduce significativamente a $0,0096 \text{ m}^3/\text{s}$, frente a una demanda pluvial de $0,0177 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta condición implica un déficit de conducción cercano al 50 %, originando desbordes del flujo hacia la calzada.

C. Av. Circunvalación (Situación: MIXTA)

En general, el sector presenta un desempeño hidráulico adecuado, debido a la mayor profundidad de las cunetas en los tramos iniciales; sin embargo, se identifican fallas puntuales de capacidad hidráulica.

Tramo operativo: La cuneta CN-01 registra una capacidad hidráulica de $0,0313 \text{ m}^3/\text{s}$, valor superior a la demanda pluvial de $0,0142 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que evacúa el caudal de diseño de manera satisfactoria.

Tramos Críticos: Las cunetas CN-07 y CN-08 presentan una capacidad de $0,0128 \text{ m}^3/\text{s}$, inferior a la demanda de $0,0142 \text{ m}^3/\text{s}$, lo

que evidencia una insuficiencia de capacidad hidráulica, aun cuando el déficit sea reducido.

D. Av. Andrés Avelino Cáceres (Situación: RIESGO LOCALIZADO)

A pesar de registrarse el menor caudal pluvial del sector ($0,0106 \text{ m}^3/\text{s}$), la infraestructura ubicada al final del tramo presenta condiciones operativas inadecuadas.

Tramos Críticos (CN-29 y CN-30): Estas cunetas presentan la menor capacidad hidráulica del estudio ($0,0068 \text{ m}^3/\text{s}$), valor inferior a la demanda evaluada, lo que genera desbordes incluso ante lluvias de baja intensidad, motivo por el cual se clasifican como "ERROR" en la verificación hidráulica.

E. Av. Abancay (Situación: AL LÍMITE): Este es el único tramo del sistema en el que todas las cunetas evaluadas (CN-11 a CN-20) presentan un estado operativo "OK", cumpliendo con la capacidad hidráulica requerida para la evacuación del caudal de diseño.

Si bien el sistema de drenaje superficial (cunetas) en la zona evaluada cumple con la capacidad hidráulica requerida, opera al límite de su capacidad, ya que la capacidad disponible es de $0,0200 \text{ m}^3/\text{s}$ frente a una demanda de $0,0199 \text{ m}^3/\text{s}$. El margen de seguridad es prácticamente nulo, por lo que cualquier obstrucción mínima por acumulación de residuos o sedimentos puede provocar la falla operativa del sistema de drenaje pluvial.

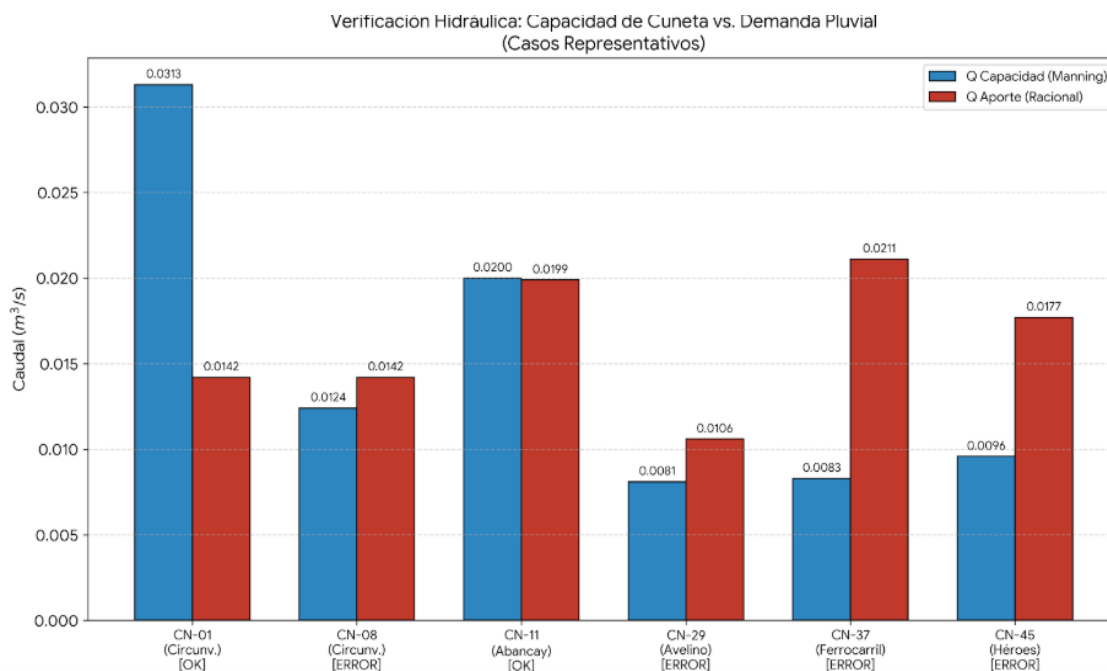


Ilustración 12:

Verificación hidráulica capacidad de cuneta vs demanda pluvial

En consecuencia:

La evaluación realizada determina que la capacidad hidráulica instalada es insuficiente en el 30 % de los tramos evaluados. Se identifican tramos críticos en la Av. Ferrocarril (CN-37) y la Av. Héroes de la Guerra (CN-45), donde la infraestructura existente no logra conducir ni el 50 % del caudal generado por las precipitaciones de diseño.



EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN (CAUDAL OFERTA) DE LAS CUNETAS TRIANGULARES DE CONCRETO APLICANDO LA ECUACION DE MANNING CON DATOS REALES DE CAMPO IN SITU

CAUDAL EN CUNETAS TRIANGULARES, APLICANDO MANNING-CON DATOS REGISTRADOS IN SITU																				COMPORTAMIENTO HIDRAULICO			
REAL																				b=0.278 x C x I x J			
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS												Tension Tractive Minima	Q met racional (caudal de aporte)	ANALISIS		
			DE	A			(m)	ALTITUD		Tirante	Espajo de agua	Z	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Capacida d de caudal				Veloc	Tension Tract
								AGUAS															
								ARRIBA.	ABAJO.														
COD	TIPO	n	m	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n				
AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TAONA-JR. CABANILLAS	CN-01	0+980	1+037	57	DER	3823.80	3823.60	0.05	1.00	20.00	0.012	0.0250	1.0512	0.0238	0.0035	0.0102	0.4077	0.0832	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-02	0+980	1+036	56	IZQ	3823.68	3823.48	0.05	1.00	20.00	0.012	0.0250	1.0512	0.0238	0.0036	0.0103	0.4330	0.0849	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-03	0+766	0+814	48	DER	3824.00	3823.82	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0037	0.0036	0.1931	0.0692	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-04	0+766	0+815	49	IZQ	3824.09	3823.90	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0039	0.0036	0.1963	0.0716	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-05	0+908	0+960	52	DER	3824.34	3824.14	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0038	0.0069	0.2597	0.1024	OK	0.0142	ERROR		
	CN-06	0+908	0+959	51	IZQ	3824.41	3824.22	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0037	0.0068	0.2556	0.0992	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-07	0+993	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0037	0.0087	0.2843	0.1127	OK	0.0142	ERROR		
	CN-08	0+990	1+046	56	IZQ	3824.84	3824.65	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0034	0.0083	0.2721	0.1033	OK	0.0142	ERROR		
	CN-09	0+993	1+050	57	DER	3825.09	3824.89	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0035	0.0066	0.2480	0.0934	ERROR	0.0142	ERROR		
	CN-10	0+993	1+051	58	IZQ	3825.21	3825.02	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0033	0.0064	0.2396	0.0872	ERROR	0.0142	ERROR		
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	0+520	0+600	80	DER	3869.70	3870.00	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0038	0.0051	0.2256	0.0848	ERROR	0.0199	ERROR		
	CN-12	0+520	0+600	80	IZQ	3869.68	3870.00	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0199	ERROR		
	CN-13	0+525	0+575	50	DER	3868.60	3868.80	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0040	0.0070	0.2648	0.1065	OK	0.0199	ERROR		
	CN-14	0+525	0+586	61	IZQ	3868.59	3868.83	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0039	0.0070	0.2626	0.1047	OK	0.0199	ERROR		
	CN-15	0+450	0+508	58	DER	3868.65	3868.42	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0040	0.0133	0.3539	0.1505	OK	0.0199	ERROR		
	CN-16	0+451	0+509	58	IZQ	3868.64	3868.41	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0040	0.0133	0.3539	0.1505	OK	0.0199	ERROR		
	CN-17	0+141	0+226	85	DER	3869.72	3869.38	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0199	ERROR		
	CN-18	0+145	0+227	82	IZQ	3869.70	3869.39	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0038	0.0108	0.3168	0.1296	OK	0.0199	ERROR		
	CN-19	0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0038	0.0088	0.2879	0.1157	OK	0.0199	ERROR		
	CN-20	0+453	0+535	82	IZQ	3869.82	3869.50	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0039	0.0089	0.2917	0.1187	OK	0.0199	ERROR		
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	0+174	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0077	0.2538	0.0899	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-22	0+202	0+140	62	IZQ	3826.63	3826.45	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0030	0.0045	0.2001	0.0668	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-23	0+174	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-24	0+173	0+115	58	IZQ	3826.10	3825.87	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-25	0+176	0+116	60	DER	3826.20	3825.93	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0045	0.0039	0.2115	0.0831	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-26	0+175	0+115	60	IZQ	3826.23	3825.96	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0045	0.0039	0.2115	0.0831	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-27	0+154	0+097	57	DER	3827.15	3826.98	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.1129	OK	0.0106	OK		
	CN-28	0+153	0+096	57	IZQ	3827.10	3826.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.1129	OK	0.0106	OK		
	CN-29	0+202	0+141	61	DER	3827.00	3827.09	0.01	0.50	50.00	0.012	0.0025	0.5101	0.0049	0.0015	0.0002	0.0471	0.0072	ERROR	0.0106	ERROR		
	CN-30	0+201	0+140	61	IZQ	3827.00	3826.94	0.02	0.50	25.00	0.012	0.0050	0.5204	0.0096	0.0010	0.0006	0.0630	0.0099	ERROR	0.0106	ERROR		
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	0+000	0+180	180	DER	3825.80	3827.00	0.03	0.60	20.00	0.012	0.0090	0.6307	0.0143	0.0067	0.0036	0.2525	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-32	0+000	0+180	180	IZQ	3825.80	3827.00	0.03	0.60	20.00	0.012	0.0090	0.6307	0.0143	0.0067	0.0036	0.2525	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-33	0+000	0+060	60	DER	3825.40	3825.70	0.04	0.60	15.00	0.012	0.0120	0.6413	0.0187	0.0050	0.0050	0.2664	0.0936	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-34	0+000	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.73	0.04	0.60	15.00	0.012	0.0120	0.6413	0.0187	0.0051	0.0050	0.2685	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-35	0+000	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0040	0.0110	0.3533	0.1257	OK	0.0211	ERROR		
	CN-36	0+000	0+186	186	IZQ	3826.00	3826.62	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0033	0.0100	0.3211	0.1038	OK	0.0211	ERROR		
	CN-37	0+000	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0023	0.0083	0.2674	0.0720	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-38	0+000	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0024	0.0084	0.2700	0.0734	ERROR	0.0211	ERROR		
	CN-39	0+000	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	0.08	0.60	7.50	0.012	0.0240	0.6853	0.0350	0.0040	0.0135	0.3866	0.1401	OK	0.0211	ERROR		
	CN-40	0+000	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	0.08	0.60	7.50	0.012	0.0240	0.6853	0.0350	0.0040	0.0135	0.3866	0.1401	OK	0.0211	ERROR		
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO-JR. GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR. PATAJIA	CN-41	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0050	0.0059	0.2604	0.1131	OK	0.0177	ERROR		
	CN-42	0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0050	0.0041	0.2230	0.0923	ERROR	0.0177	ERROR		
	CN-43	0+000	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0045	0.0095	0.3133	0.1370	OK	0.0177	ERROR		
	CN-44	0+000	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0045	0.0095	0.3133	0.1370	OK	0.0177	ERROR		
	CN-45	0+000	0+080	40	DER	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0615	ERROR	0.0177	ERROR		
	CN-46	0+000	0+080	40	IZQ	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0615	ERROR	0.0177	ERROR		
	CN-47	0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0078	0.2558	0.0913	ERROR	0.0177	ERROR		
	CN-48	0+040	0+070	30	IZQ	3826.65	3826.56	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0078	0.2558	0.0913	ERROR	0.0177	ERROR		
CN-49	0+000	0+055	55	DER	3826.30	3826.08	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0177	ERROR			
CN-50	0+000	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0177	ERROR			

real de las cunetas. Con base en estas mediciones, se recalcularon las capacidades hidráulicas, utilizando los tirantes (Y) y espejos de agua (T) efectivamente disponibles.

Al contrastar la capacidad real (Q_{cap}) con la demanda pluvial ($Q_{racional}$), se evidencia un déficit hidráulico generalizado, conforme al detalle que se presenta a continuación:

A. Av. Abancay (Falla generalizada del sistema de drenaje pluvial)

Análisis de resultados: El análisis teórico indicaba un funcionamiento al límite; sin embargo, la evaluación en condiciones reales muestra que el 100 % de las cunetas (CN-11 a CN-20) presenta condición Tramos deficientes críticos "ERROR".

Tramo Crítico (CN-11): La capacidad hidráulica real medida es de $0,0051 \text{ m}^3/\text{s}$, frente a un caudal pluvial de $0,0199 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que significa que la cuneta solo transporta aproximadamente el 25 % del caudal recibido. Esta situación provoca inundación inmediata de la vía de tránsito vehicular ante un evento de lluvia.

B. Av. Ferrocarril (Drenaje Pluvial Crítica)

Análisis de Resultados: Se confirma como el punto más vulnerable de la ciudad.

Tramo Crítico (CN-31): La medición in situ registra una capacidad hidráulica de $0.0036 \text{ m}^3/\text{s}$ valor muy inferior a la demanda pluvial

estimada de $0,0211 \text{ m}^3/\text{s}$. La cuneta solo conduce aproximadamente el 17 % del caudal recibido, lo que evidencia una capacidad hidráulica prácticamente nula. Esta condición sugiere colmatación, deterioro o deficiencias constructivas, provocando que la cuneta funcione como una superficie de escurrimiento y no como un canal definido

C. Av. Circunvalación (Disminución de la capacidad de conducción)

Análisis de Resultados: Los tramos que, desde el punto de vista teórico, presentan un diseño hidráulico eficiente, muestran un desempeño deficiente en condiciones reales de operación.

Caso Representativo (CN-01): Aunque presenta un buen diseño, la capacidad operativa real se ha reducido a $0.0102 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual es insuficiente para evacuar el caudal de lluvia de $0.0142 \text{ m}^3/\text{s}$.

En consecuencia: El tramo completo (CN-01 a CN-10) presenta condición de “no cumplimiento normativo”, lo que indica que el mantenimiento y/o la sección geométrica actual de las cunetas no son adecuados para su correcto funcionamiento.

D. Av. Andrés Avelino Cáceres (RESULTADOS MIXTOS)

Análisis de Resultados: El análisis hidráulico evidencia que únicamente las cunetas CN-27 y CN-28 cumplen con los criterios de capacidad hidráulica, al presentar una capacidad operativa real de $0.0115 \text{ m}^3/\text{s}$, superior a su caudal demandado de $0.0106 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que se clasifican en condición “OK”.

En contraste, la cuneta CN-29 presenta un caso crítico de falla, registrando una capacidad hidráulica de apenas 0.0002 m³/s, valor prácticamente despreciable desde el punto de vista hidráulico. Esta condición es indicativa de una obstrucción total por acumulación de sedimentos y/o la presencia de un contrapendiente local, lo que anula su funcionalidad hidráulica en dicho punto.

E. Av. Héroes de la Guerra (DÉFICIT SOSTENIDO)

Análisis de Resultados: La mayoría de los tramos presentan insuficiencia de conducción de caudal.

Tramo crítico de la cuneta (CN-45):

La capacidad operativa real es de 0.0096 m³/s, frente a una demanda de 0.0177 m³/s; en consecuencia, el caudal excedente provocará el rebase de la cuneta, cubriendo aproximadamente la mitad del déficit de capacidad sobre la calzada.

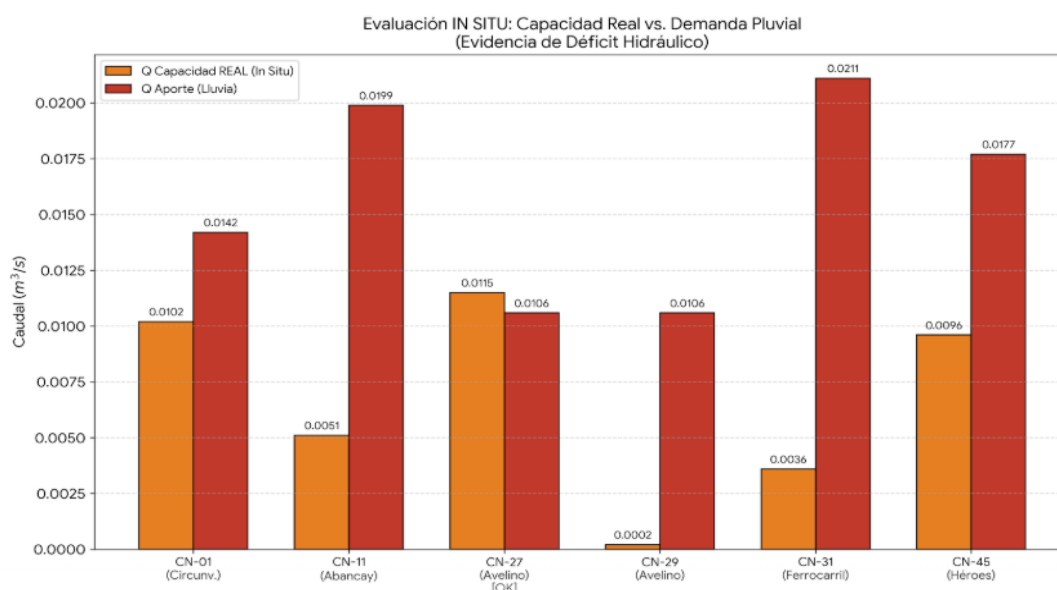


Ilustración 14:

Evaluación in situ capacidad real vs demanda pluvial

En consecuencia:

La determinación de la capacidad hidráulica evidencia una diferencia significativa entre el diseño teórico y la condición operativa real del sistema de drenaje pluvial en Juliaca.

Si bien teóricamente el sistema podría funcionar en varios sectores, en la evaluación in situ se determinó que el 96 % de los tramos evaluados NO CUMPLEN con la capacidad requerida para evacuar las precipitaciones pluviales.

La causa principal detectada en las mediciones efectuadas insitu es la reducción del tirante útil (Y), lo que sugiere problemas severos de sedimentación (falta de mantenimiento) o errores constructivos en la geometría de la cuneta.

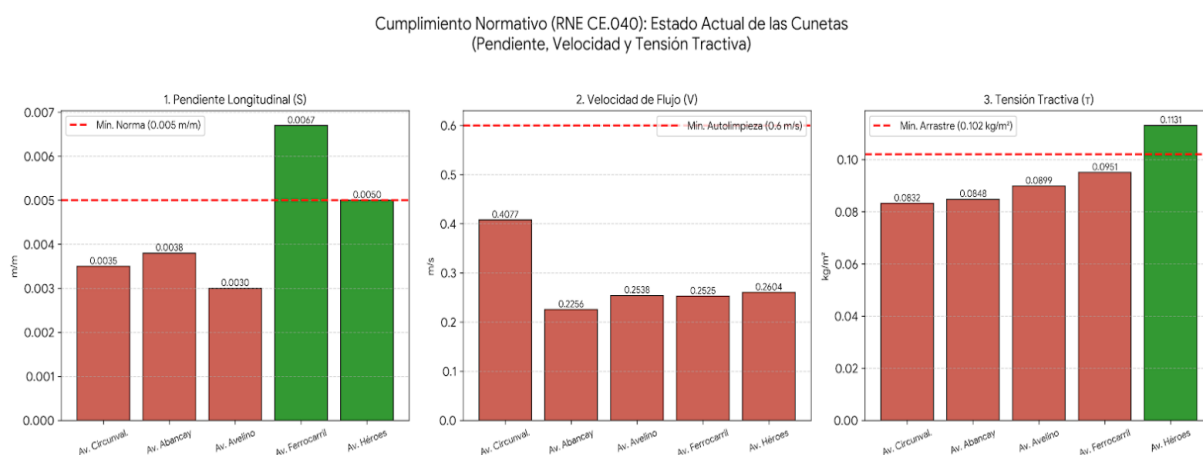


Ilustración 15:

Pendiente, velocidad y tensión tractiva de acuerdo a la norma ce 040

En la ilustración N°15 evalúa si la infraestructura existente cumple con los parámetros mínimos de diseño exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma CE.040 - Drenaje Pluvial Urbano).

4.1.2. Resultado del objetivo específico 02

En correspondencia con el segundo objetivo específico, se determinó la eficiencia de funcionamiento de las alcantarillas pluviales tanto de sección rectangular (material concreto) así como circular (material TMC) ubicadas en las intersecciones críticas de la ciudad. La evaluación de la eficiencia no se limitó únicamente a la capacidad de transporte de caudal (Q), sino que integró un análisis de la condición de autolimpieza del flujo.

Para ello, se calcularon los parámetros hidráulicos actuales utilizando las características geométricas levantadas en campo y se contrastaron con los caudales de diseño provenientes del estudio hidrológico. Un indicador clave en este análisis fue la Tensión Tractiva, la cual permite verificar si el flujo dentro de la alcantarilla posee la fuerza suficiente para arrastrar los sedimentos sólidos típicos de Juliaca.

Los resultados, que se detallan a continuación, clasifican las estructuras en función de su desempeño hidráulico, identificando aquellas que, a pesar de tener una sección transversal amplia, presentan deficiencias operativas (estancamiento y/o sedimentación) debido a pendientes inadecuadas o rugosidades elevadas por falta de mantenimiento.

4.1.2.1 Evaluación teórica del diseño de alcantarillas- ecuación de manning

DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR																			Tension Tractiva Minima
UBICACIÓN	ALCANTARILLA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										T trac min= 0.10 kg/m2	
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	b	Espejo de agua	Coef. Rug manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc		Tension Tract
						y	T	n		A	P	R	S(±0.5%)	Q diseño	V(0.60m/s - 5.0m/s)	T trac			
						ARRIBA.	ABAJO.			m	m	m	m2	m	m	m/m	m3/s		m/s
AV.CIRCUNVALACION- ENTRE AV. TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	0+920	0+930	10	3822.50	3822.48	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0020	3.0621	2.0414	0.8108	OK
	ALC-02	CONCRETO	1+204	1+214	10	3821.70	3821.68	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0020	3.0621	2.0414	0.8108	OK
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	1+207	1+192	15	3822.00	3821.95	1.05	1.2	1.2	0.012	1.26	3.3	0.3818	0.0032	3.1261	2.4810	1.2218	OK
	ALC-06	CONCRETO	1+507	1+492	15	3822.08	3822.03	1.05	1.2	1.2	0.012	1.26	3.3	0.3818	0.0032	3.1261	2.4810	1.2218	OK
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC JR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	0+715	0+700	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0015	2.6518	1.7679	0.6081	OK
	ALC-08	CONCRETO	0+835	0+820	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0015	2.6518	1.7679	0.6081	OK

Ilustración 16:

Evaluación de Diseño de alcantarilla rectangular

De la ilustración N°16 se obtuvo lo siguiente:

4.1.2.1.1 Evaluación de la Capacidad de Conducción y Velocidad de la alcantarilla de sección rectangular (Material concreto)

De acuerdo con la tabla de "Diseño de Alcantarilla Rectangular", se evaluaron 06 alcantarillas críticas con una sección típica de ancho $b=1.20$ m. Los resultados muestran un comportamiento hidráulico eficiente en todos los casos:

Av. Tacna (ALC-05 y ALC-06): Estas estructuras manejan el mayor caudal de diseño registrado en el estudio ($Q = 3.1261 \text{ m}^3/\text{s}$).

La velocidad de flujo alcanzada es de 2.48 m/s . Este valor es óptimo, ya que se encuentra dentro del rango permisible (0.60 m/s a 5.0 m/s), garantizando una evacuación rápida sin causar erosión excesiva en las paredes de concreto ($n=0.012$).

Av. Circunvalación (ALC-01 y ALC-02): Transportan un caudal de $3.0621 \text{ m}^3/\text{s}$ con una velocidad de flujo de 2.04 m/s .

La pendiente del 0.20% permite mantener un flujo subcrítico controlado, asegurando que la estructura opere con eficiencia hidráulica.

Av. Ferrocarril (ALC-07 y ALC-08): Presentan el menor caudal del grupo ($Q = 2.6518 \text{ m}^3/\text{s}$) y la menor velocidad (1.76 m/s). Aun siendo los valores más bajos, cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de conducción y evacuación establecido en la normativa.

4.1.2.1.2 Verificación de la Eficiencia de Autolimpieza (Tensión Tractiva) de la alcantarilla de sección rectangular (Material concreto)

Un factor crítico para la eficiencia del drenaje pluvial en Juliaca es la capacidad de la alcantarilla para "autolimpiarse", es decir, que la fuerza del agua en el fondo de la alcantarilla sea suficiente para arrastrar lodo, basura y sedimentos.

Según el gráfico de "Eficiencia de Autolimpieza", se comparó la Tensión Tractiva calculada frente al mínimo exigido por la norma (0.102 kg/m^2 o 1 Pa), identificando los resultados siguientes:

a) Eficiencia en Av. Tacna:

Las alcantarillas ALC-05 y ALC-06 registran una tensión tractiva de 1.2218 kg/m^2 . Esto representa 12.0 veces el valor mínimo de la norma. Es prácticamente imposible que estas alcantarillas sufran

colmatación por sedimentos finos, ya que la fuerza del flujo pluvial es muy superior a la necesaria para la autolimpieza.

b) Eficiencia en Av. Circunvalación:

Con una tensión de 0.8108 kg/m², superan en 7.9 veces el requisito normativo. Esto garantiza un mantenimiento preventivo mínimo, ya que el propio flujo pluvial realiza la limpieza de la alcantarilla.

c) Eficiencia en Av. Ferrocarril:

A pesar de tener la pendiente más baja (0.15 %), las alcantarillas ALC-07 y ALC-08 generan una tensión de 0.6081 kg/m², lo que equivale a 6.0 veces a lo establecido en la normativa

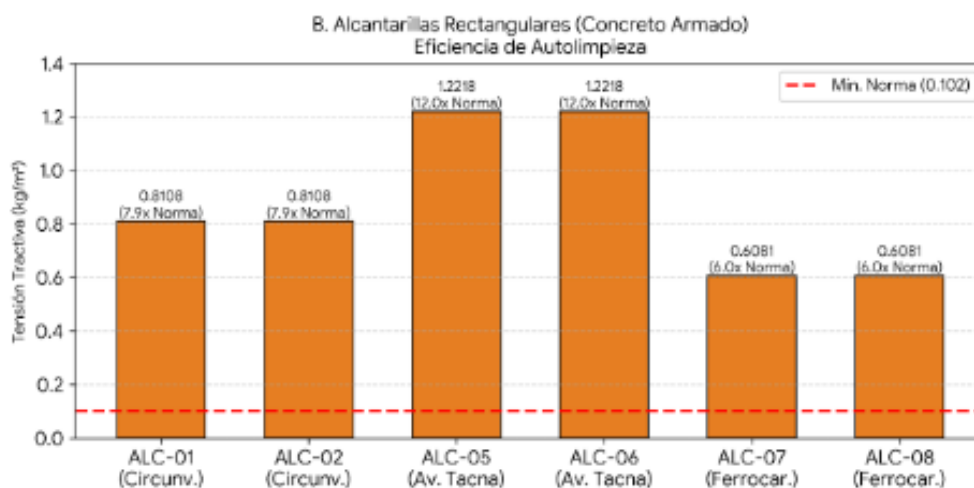


Ilustración 17:

alcantarillas rectangulares de material concreto

A diferencia de las cunetas evaluadas (que presentó fallas críticas), las alcantarillas rectangulares están sobredimensionadas favorablemente para las condiciones actuales. No solo tienen la

capacidad geométrica para evacuar los caudales extremos ($> 2.6 \text{ m}^3/\text{s}$), sino que su diseño garantiza una autolimpieza efectiva, superando entre 6 a 12 veces la fuerza mínima requerida para evitar obstrucciones por sedimentación.

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR																	Tension Tractiva Mínima
UBICACIÓN	ALCANTARILLA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS									
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	$r=D/2$	Espejo de agua	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidra	Pendiente	Caudal	Veloc
						ARRIBA.	ABAJO.	y		T	n	A	P	R	S($\leq 0.5\%$)	Q diseño	V(0.60m/s - 6.0m/s)
								m		m		m ²	m	m	m/m	m ³ /s	m/s
AV. TACNA - AV. PERU	ALC-03	PROVISIONAL	1+538	1+548	10	3820.27	3820.255	0.915	0.61	1.0566	0.009	0.94	2.56	0.3681	0.0015	2.0785	2.2103
SILVACUSCO-LAY	ALC-04	PROVISIONAL	2+005	2+015	10	3815.39	3815.38	0.915	0.61	1.0566	0.009	0.94	2.56	0.3681	0.0010	1.6971	1.8047
																	OK
																	OK

Ilustración 18:

Diseño de alcantarilla circular de material TMC

4.1.2.1.3 Evaluación teórica de la Capacidad de Conducción y Velocidad de la alcantarilla de sección circular (Material TMC)

Según la Ilustración N° 18 de "Diseño de Alcantarilla Circular" de material TMC, respecto a la Evaluación de la Capacidad de Conducción y Velocidad, ambas estructuras presentan un desempeño hidráulico satisfactorio bajo las condiciones de diseño:

- **ALC-03 (Av. Tacna - Av. Perú):** Esta alcantarilla de material TMC transporta un caudal considerable de $2.0785 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo que debido a su pendiente de 0.15% y la baja rugosidad del material de la estructura (TMC), el agua alcanza una velocidad de 2.21 m/s . Este

valor es adecuado, ya que asegura una evacuación rápida sin acercarse a velocidades erosivas peligrosas >6.0 m/s).

- **ALC-04 (Salida Cusco – La “Y”):** Conduce un caudal de 1.6971 m³/s con una pendiente más suave (0.10%). Su velocidad de flujo resultante es de 1.80 m/s, manteniéndose dentro del rango de eficiencia hidráulica para evitar la sedimentación de partículas pesadas.

2.4.1.2.1.4 Respecto a la Verificación de la Eficiencia de Autolimpieza (Tensión Tractiva) de la alcantarilla de sección Circular (Material TMC):

El análisis de la fuerza tractiva es fundamental para asegurar que estas alcantarillas no se obstruyan con el tiempo. De acuerdo con el gráfico (ilustración 19) de barras "Eficiencia de Autolimpieza", los resultados superan ampliamente el mínimo normativo (0.102 kg/m²):

- **ALC-03:** Registra una tensión tractiva de 0.5521 kg/m². Este valor representa 5.4 veces la norma mínima. La fuerza de arrastre es suficiente para transportar sedimentos densos, garantizando que la alcantarilla se mantenga limpia por sí sola durante eventos de lluvia.
- **ALC-04:** Registra una tensión tractiva de 0.3681 kg/m². Supera en 3.6 veces el requisito normativo. Aunque es menor que la ALC-03 debido a su menor pendiente, sigue siendo un valor seguro que previene el asolvamiento (acumulación de lodo) en el conducto.

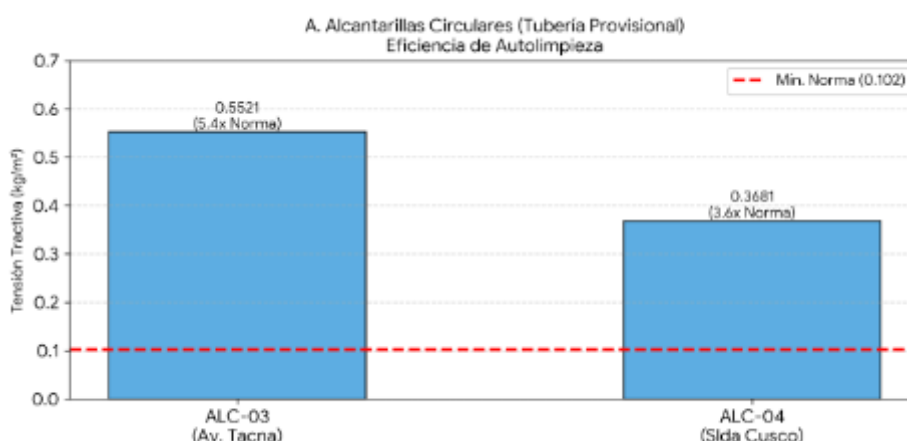


Ilustración 19:

alcantarillas circulares eficiencia de autolimpieza

En consecuencia:

La evaluación hidráulica determina que las alcantarillas circulares provisionales operan en condición suficientes y eficiente, cumpliendo los criterios técnicos establecidos. El empleo de material liso (coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0.009$) compensa las pendientes longitudinales reducidas (0.10 % – 0.15 %), permitiendo el desarrollo de velocidades superiores a 1.8 m/s y la generación de fuerzas tractivas que superan en más de tres veces el mínimo exigido por la normativa vigente.

4.1.2.2 Evaluación del diseño de alcantarillas (concreto) aplicando la ecuación de manning con datos reales de campo in situ

%	ESTADO
>50%	MALO/CRITICO
50%-79%	REGULAR
80%-94%	BUENA
95%-100%	OPTIMO

Nota: propia

DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR-REGISTRADO IN SITU																	COMPORTAMIENTO HIDRAULICO					
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										Tension Tractiva Minima	Caudal	EFICIENCIA HIDRAULICA		
	COD	TIPO	DE	A	(m)	ABAS		tirante	b	Espejo de agua	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc.	Tension Tract	T trac min= 0.102 kg/m2	Q diseño m3/s	$E = \frac{Q_{real}}{Q_{diseño}} \times 100$	ESTADO
						y	T	n		A	P	R	S(20.5%)	Q real m3/s	V min =0.60 m/s	T trac						
						ARRIBA	ABAJO	m		m	m	m2	m	m	m/n	m/s	m/s	kg/m2				
AV. ORCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	0+920	0+930	10	3822.500	3822.480	0.05	1.2	1.2	0.015	0.060	1.30	0.046	0.0020	0.0230	0.3836	0.0923	ERROR	3.06209	0.75%	MALO/CRITICO
	ALC-02	CONCRETO	1+204	1+214	10	3821.700	3821.680	0.05	1.2	1.2	0.012	0.060	1.30	0.046	0.0020	0.0288	0.4795	0.0923	ERROR	3.06209058	0.94%	MALO/CRITICO
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	1+207	1+219	15	3821.996	3821.948	0.1	1.2	1.2	0.012	0.120	1.40	0.086	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	3.12609	3.52%	MALO/CRITICO
	ALC-06	CONCRETO	1+507	1+519	15	3822.076	3822.028	0.1	1.2	1.2	0.012	0.120	1.40	0.086	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	3.12609394	3.52%	MALO/CRITICO
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-IR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	0+715	0+724	15	3823.898	3823.876	0.07	1.2	1.2	0.012	0.084	1.34	0.063	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	2.65184824	1.61%	MALO/CRITICO
	ALC-08	CONCRETO	0+835	0+844	15	3823.898	3823.876	0.07	1.2	1.2	0.012	0.084	1.34	0.063	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	2.65184824	1.61%	MALO/CRITICO

Ilustración 20:

Diseño de alcantarilla rectangular-registrado IN SITU

RESPECTO A LA EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD REAL ("IN SITU") DE LAS ALCANTARILLAS DE SECCION RECTANGULAR (MATERIAL DE CONCRETO).

Como fase final del O.E.2, se efectuó el levantamiento de información y registro del estado operativo actual de las alcantarillas rectangulares de concreto, evaluando su desempeño bajo condiciones reales de funcionamiento. Para ello, se midieron los tirantes hidráulicos efectivos y se recalculó la capacidad hidráulica real, incorporando los efectos de obstrucciones parciales, acumulación de sedimentos y restricciones geométricas observadas in situ durante la inspección.

Los resultados evidencian una discrepancia significativa entre la capacidad de diseño y la capacidad operativa real. En consecuencia, se diagnosticó una condición "MALO / CRÍTICO" en el 100 % de las

estructuras evaluadas, lo que refleja una pérdida generalizada de eficiencia hidráulica y un incumplimiento de los criterios técnicos y normativos vigentes, conforme se detalla a continuación:

A. Colapso de la Eficiencia Hidráulica ($E < 4\%$)

La comparación entre el caudal real (Q_{real}) que actualmente pueden transportar las alcantarillas y el caudal de diseño ($Q_{\text{diseño}}$) para el cual fueron proyectadas evidencia un colapso de la eficiencia hidráulica, con valores de E inferiores al 4 %. Esta condición indica que la capacidad operativa efectiva es extremadamente reducida frente a la capacidad requerida, reflejando una pérdida casi total de funcionalidad hidráulica de las estructuras bajo las condiciones actuales de operación.

a) Av. Circunvalación (ALC-01 y ALC-02):

Estado: Crítico Extremo.

Resultados obtenidos: Las estructuras evaluadas presentan eficiencias hidráulicas de apenas 0.75 % y 0.94 %. De un caudal de diseño total de 3.06 m³/s, actualmente solo logran evacuar 0.023 m³/s, lo que evidencia una obstrucción casi total de la sección hidráulica (del orden del 99 %) por acumulación de sedimentos sólidos y/o residuos, reduciendo su funcionamiento a una condición residual de drenaje.

b) Av. Tacna (ALC-05 y ALC-06):

Estado: Crítico.

Resultados obtenidos: Aunque son las que "mejor" funcionan, su eficiencia es solo del 3.52%. La capacidad se ha reducido de 3.12 m³/s (teórico) a 0.11 m³/s (real). El tirante útil disponible es de solo 0.10 m, lo que sugiere que el fondo de la alcantarilla tiene una capa gruesa de lodo(sedimentos) compactado que reduce drásticamente el área hidráulica.

c) Av. Ferrocarril (ALC-07 y ALC-08):

Estado: Crítico.

Resultados obtenidos: Operan con una eficiencia hidráulica de apenas 1.61 %. El tirante útil disponible de 0.07 m resulta insuficiente para evacuar incluso eventos de lluvia de baja intensidad, lo que genera una condición inevitable de represamiento superficial y afectación directa de la vía de tránsito vehicular.

B. Análisis de Autolimpieza (Falla de Tensión Tractiva)

El análisis de la Tensión Tractiva Real explica por qué las alcantarillas están colmatadas. Al reducirse el área y el caudal, la fuerza del agua disminuye, perdiendo la capacidad de arrastrar sedimentos.

a) En Av. Circunvalación y Ferrocarril:

En las alcantarillas ALC-01, ALC-02, ALC-07 y ALC-08, la tensión tractiva calculada oscila entre 0.0923 kg/m² y 0.0940 kg/m².

Análisis de Resultados: Los valores obtenidos se encuentran por debajo del mínimo normativo (0.102 kg/m²), lo que confirma la existencia de un proceso de degradación progresiva en la cual la

fuerza tractiva insuficiente impide la autolimpieza de la alcantarilla, favoreciendo la acumulación progresiva de sedimentos y provocando una reducción continua de la capacidad hidráulica.

b) En Av. Tacna:

Las alcantarillas ALC-05 y ALC-06 presentan una tensión tractiva de 0.2743 kg/m^2 , superando la establecido en la norma.

Análisis de Resultados: Si bien la velocidad del flujo es suficiente para generar autolimpieza en la reducida sección hidráulica disponible (0.10 m), la estructura en su conjunto se clasifica en condición "MALO / CRÍTICO", debido a que el volumen de agua que puede evacuar es insuficiente para satisfacer las demandas hidráulicas de drenaje urbana de Juliaca.

Conclusión técnica:

La ineficiencia del sistema de drenaje pluvial en Juliaca no responde a deficiencias de ingeniería de diseño, dado que las alcantarillas cuentan con secciones geométricas adecuadas para los caudales proyectados. El problema identificado es de carácter operativo, asociado a un mantenimiento y limpieza deficientes, que ha provocado la acumulación significativa de sedimentos y la consecuente anulación de la capacidad hidráulica instalada. En estas condiciones, las alcantarillas de concreto dejan de cumplir su función de conducción y actúan como elementos de retención, agravando los problemas de inundación en lugar de mitigarlos.

4.1.2.3 Evaluación del diseño de alcantarillas (tmc) aplicando la ecuación de manning con datos reales de campo in situ

%	ESTADO
>50%	MALO/CRITICO
50%-79%	REGULAR
80%-94%	BUENA
95%-100%	OPTIMO

Nota: propia

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR-REGISTRADO IN SITU																	COMPORTAMIENTO HIDRAULICO						
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	COTAS		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										Tension Tract	Tension Tractiva Minima	Caudal	EFICIENCIA HIDRAULICA		
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	r=D/2	Espejo de agua	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	T trac min= 0.102 kg/m2	Q diseño	E = $\frac{Q_{real}}{Q_{diseño}} \times 100$		ESTADO
						y	T	n		A	P	R	S (±0.5%)	Q real	V (0.60m/s - 5.0m/s)	T trac	Q diseño	n3/s					
						ARRIBA	ABAJO	m		n	m	n	m/m	m3/s	n/s	kg/m2							
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	PROVISIONAL	1+538	1+548	10	3820.270	3820.240	0.2	0.61	0.9033	0.009	0.125	1.0171	0.123	0.0030	0.1880	1.5044	0.0980	ERROR	2.0785459	9.05%	MALO/CRITICO	
SIDAUSCO-HAY	ALC-04	PROVISIONAL	2+005	2+015	10	3815.390	3815.340	0.3	0.61	1.0507	0.009	0.2233	1.266	0.176	0.0050	0.5518	2.4712	0.0930	ERROR	1.69712562	32.51%	MALO/CRITICO	

Ilustración 21:

Diseño de alcantarilla circular-registrado IN SITU

RESPECTO A LA EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD REAL ("IN SITU") DE ALCANTARILLAS CIRCULARES (MATERIAL TMC).

Como parte de la verificación de eficiencia hidráulica, se analizaron las alcantarillas tubulares provisionales de TMC bajo las condiciones físicas observadas durante la inspección de campo. Al comparar la capacidad hidráulica teórica con la capacidad real operativa, afectada por sedimentos acumulados y reducción del tirante útil, se determinó

que ambas estructuras presentan una condición “MALO / CRÍTICO”, evidenciando una funcionalidad inadecuada.

A. Disminución significativa de la Eficiencia Hidráulica

El análisis identifica que el sistema provisional ha perdido la mayor parte de su capacidad de transporte hidráulico, presentando severas deficiencias operativas:

ALC-03 (Av. Tacna – Av. Perú)

Situación: Colapso hidráulico.

Resultados: De una capacidad de diseño de $2.078 \text{ m}^3/\text{s}$, actualmente solo evacua $0.188 \text{ m}^3/\text{s}$.

Interpretación: Representa una eficiencia operativa de apenas 9.05 %. El tirante útil disponible es de 0.20 m, muy inferior al diámetro nominal, indicando una obstrucción severa que bloquea aproximadamente el 90 % del flujo pluvial proyectado.

ALC-04 (Vía Salida Cusco – La “Y”)

Situación: Insuficiencia severa.

Resultados: La capacidad se ha reducido a $0.552 \text{ m}^3/\text{s}$, frente a los $1.697 \text{ m}^3/\text{s}$ requeridos por diseño.

Interpretación: Opera con una eficiencia del 32.51 %, el valor más alto registrado en el estudio in situ, pero sigue clasificada como “CRÍTICO”, ya que durante un evento de lluvia de diseño la alcantarilla TMC se verá superada rápidamente, provocando aniegos en la zona evaluada.

B. Análisis de Autolimpieza

La evaluación de la Tensión Tractiva evidencia un comportamiento crítico para las alcantarillas circulares TMC. A diferencia de las alcantarillas rectangulares, que fallaron de manera evidente, estas estructuras operan al límite de la autolimpieza, pero no alcanzan los requisitos normativos:

Falla: Las tuberías ALC-03 y ALC-04 registran una Tensión Tractiva real de 0.0980 kg/m^2 .

Comparación normativa: El mínimo exigido es 0.1020 kg/m^2 , por lo que las alcantarillas incumplen por solo 0.004 kg/m^2 .

Interpretación técnica: A pesar de que el material liso ($n = 0.009$) favorece la conducción del flujo, la reducción del tirante útil limita la fuerza hidráulica disponible para arrastrar sedimentos. Al encontrarse ligeramente por debajo del límite de autolimpieza, los sedimentos tienden a depositarse lentamente, iniciando un proceso acumulativo que, de mantenerse, derivará en la obstrucción total de la tubería si no se realiza intervención de limpieza y mantenimiento.

Lugar:	AV. TACNA- AV. PERU	Proyecto:	
Tramo:	Prog. 1+538 - 1+548	Revestimiento:	

Datos:	
Tirante (y):	.2 m
Diámetro (d):	1.22 m
Rugosidad (n):	.009
Pendiente (S):	.003 m/m

Resultados:	
Caudal (Q):	0.1881 m ³ /s
Area hidráulica (A):	0.1250 m ²
Radio hidráulico (R):	0.1229 m
Número de Froude (F):	1.2912
Tipo de flujo:	Supercrítico
Velocidad (v):	1.5047 m/s
Perímetro mojado (p):	1.0171 m
Espejo de agua (T):	0.9033 m
Energía específica (E):	0.3154 m-Kg/Kg

Ilustración 22

Diseño alcantarilla circular in situ-hcanales

Diagnóstico "In Situ": Alcantarillas Circulares (Provisionales)
(O.E. 2: Eficiencia y Autolimpieza)

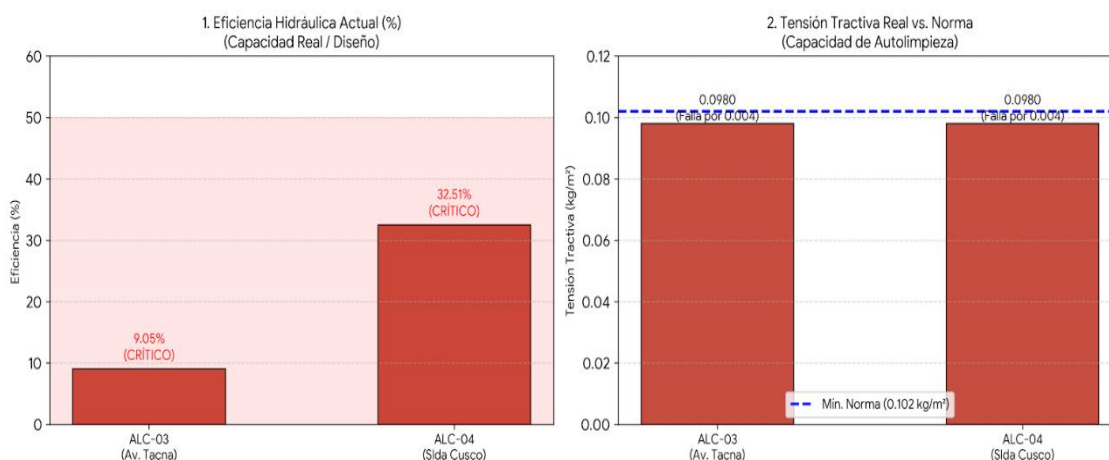


Ilustración 23:

Diagnostico in situ alcantarillas circulares- eficiencia hidraulica y autolimpieza

En consecuencia:

La evaluación "in situ" determina que las alcantarillas circulares provisionales no cumplen con los estándares de eficiencia hidráulica, presentando un estado operativo MALO / CRÍTICO.

El sistema de drenaje pluvial ha perdido entre 67 % y 91 % de su capacidad hidráulica debido a la colmatación por sedimentos.

Esto debido principalmente a la ausencia de mantenimiento preventivo ha permitido que los sedimentos acumulados reduzcan el tirante hidráulico a niveles donde la Tensión Tractiva (0.098 kg/m^2) es insuficiente para garantizar la autolimpieza, perpetuando la obstrucción y la pérdida de capacidad del sistema de drenaje pluvial.

4.1.3. Resultado del objetivo específico 03

Con el fin de cumplir el tercer objetivo específico, se realizó un diagnóstico operativo de la infraestructura de drenaje, orientado a identificar y cuantificar las patologías que limitan su funcionamiento real. A diferencia del análisis previo de capacidad hidráulica teórica, este estudio se centra en la capacidad operativa efectiva, la cual se ve afectada por factores físicos externos.

La evaluación se sistematizó mediante fichas de inspección visual en campo, clasificando las deficiencias en tres dimensiones críticas:

1. Deficiencias de diseño:

- Pendientes longitudinales insuficientes y secciones transversales reducidas que no permiten generar la Tensión Tractiva mínima necesaria para el arrastre de sedimentos.

2. Deficiencias de construcción:

- Presencia de fisuras, grietas, segregación del concreto y acabados rugosos que incrementan la resistencia al flujo y disminuyen la eficiencia hidráulica.

3. Deficiencias de mantenimiento:

- Colmatación por sedimentos, acumulación de residuos sólidos y vegetación que reducen significativamente el área hidráulica efectiva.

A continuación, se presentan los resultados mediante un análisis de frecuencia, jerarquizando los factores predominantes responsables del colapso del sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Juliaca.



DISEÑO CUNETA TRIANGULAR											FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO						
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						DEFICIENCIAS DE DISEÑO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION			DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO		
	COD	TIPO			Tirante	Espejo de agua	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract		PENDIENTE : S ≥ 0.5	GRIETAS leve<1.0mm / moderada 1.0-3.0mm / severa>3.0mm	DESGASTE ABRASION Bueno: Superficie lisa / Malo: Agregados expuestos/sueltos	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	ESTADO GLOBAL
					Y	T	S	Q	V	T trac							
					m	m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2							
AV CIRCUNVALACION- ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	57	DER	0.05	1.00	0.0035	0.3500	0.0102	0.4077	0.0832	Estancamiento	leve	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-02		56	IZQ	0.05	1.00	0.0036	0.3571	0.0103	0.4330	0.0849	Estancamiento	severo	MALO	25%	25%	MALA
	CN-03		48	DER	0.04	0.50	0.0037	0.3750	0.0036	0.1931	0.0692	Estancamiento	leve	BUENO	0%	75%	REGULAR
	CN-04		49	IZQ	0.04	0.50	0.0039	0.3878	0.0036	0.1963	0.0716	Estancamiento	leve	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-05		52	DER	0.06	0.50	0.0038	0.3846	0.0069	0.2597	0.1024	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-06		51	IZQ	0.06	0.50	0.0037	0.3725	0.0068	0.2556	0.0992	Estancamiento	moderado	BUENO	25%	0%	MALA
	CN-07		54	DER	0.07	0.50	0.0037	0.3704	0.0087	0.2843	0.1127	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-08		56	IZQ	0.07	0.50	0.0034	0.3393	0.0083	0.2721	0.1033	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-09		57	DER	0.06	0.50	0.0035	0.3509	0.0066	0.2480	0.0934	Estancamiento	leve	MALOO	25%	75%	REGULAR
	CN-10		58	IZQ	0.06	0.50	0.0033	0.3276	0.0064	0.2396	0.0872	Estancamiento	leve	BUENO	25%	0%	MALA
AV. ABANCAY- AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	80	DER	0.05	0.50	0.0038	0.3750	0.0051	0.2256	0.0848	Estancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-12		80	IZQ	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-13		50	DER	0.06	0.50	0.0040	0.4000	0.0070	0.2648	0.1065	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-14		61	IZQ	0.06	0.50	0.0039	0.3934	0.0070	0.2626	0.1047	Estancamiento	leve	BUENO	25%	50%	REGULAR
	CN-15		58	DER	0.09	0.50	0.0040	0.4000	0.0133	0.3539	0.1505	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-16		58	IZQ	0.09	0.50	0.0040	0.4000	0.0133	0.3539	0.1505	Estancamiento	moderado	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-17		85	DER	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	moderado	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-18		82	IZQ	0.08	0.50	0.0038	0.3800	0.0108	0.3168	0.1296	Estancamiento	moderado	MALO	0%	50%	MALA
	CN-19		85	DER	0.07	0.50	0.0038	0.3800	0.0088	0.2879	0.1157	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-20		82	IZQ	0.07	0.50	0.0039	0.3900	0.0089	0.2917	0.1187	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALLES- JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	62	DER	0.07	0.50	0.0030	0.2952	0.0077	0.2538	0.0899	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-22		62	IZQ	0.05	0.50	0.0030	0.2952	0.0045	0.2001	0.0668	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-23		58	DER	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-24		58	IZQ	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-25		60	DER	0.04	0.50	0.0045	0.4500	0.0039	0.2115	0.0831	Estancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-26		60	IZQ	0.04	0.50	0.0045	0.4500	0.0039	0.2115	0.0831	Estancamiento	severo	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-27		57	DER	0.09	0.50	0.0030	0.3000	0.0115	0.3065	0.1129	Estancamiento	severo	MALO	75%	50%	BUENA
	CN-28		57	IZQ	0.09	0.50	0.0030	0.3000	0.0115	0.3065	0.1129	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-29		61	DER	0.01	0.50	0.0015	0.1475	0.0002	0.0471	0.0072	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-30		61	IZQ	0.02	0.50	0.0010	0.1033	0.0006	0.0630	0.0099	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	180	DER	0.03	0.60	0.0067	0.6667	0.0036	0.2525	0.0951	bueno	severo	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-32		180	IZQ	0.03	0.60	0.0067	0.6667	0.0036	0.2525	0.0951	bueno	moderado	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-33		60	DER	0.04	0.60	0.0050	0.5000	0.0050	0.2664	0.0936	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-34		61	IZQ	0.04	0.60	0.0051	0.5082	0.0050	0.2685	0.0951	bueno	moderado	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-35		189	DER	0.07	0.60	0.0040	0.4035	0.0110	0.3533	0.1257	Estancamiento	severo	MALO	0%	50%	MALA
	CN-36		186	IZQ	0.07	0.60	0.0033	0.3333	0.0100	0.3211	0.1038	Estancamiento	severo	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-37		173	DER	0.07	0.60	0.0023	0.2312	0.0083	0.2674	0.0720	Estancamiento	severo	MALO	25%	25%	MALA
	CN-38		174	IZQ	0.07	0.60	0.0024	0.2356	0.0084	0.2700	0.0734	Estancamiento	severo	MALO	0%	25%	MALA
	CN-39		172	DER	0.08	0.60	0.0040	0.4000	0.0135	0.3866	0.1401	Estancamiento	severo	MALO	25%	0%	MALA
	CN-40		172	IZQ	0.08	0.60	0.0040	0.4000	0.0135	0.3866	0.1401	Estancamiento	moderado	BUENO	0%	50%	MALA
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO- JR. LUIS BANCHERO- JR. GUAYAQUIL- JR. TITICACA- JR. SAN CAMILO- JR PATALLA	CN-41	CONCRETO	25	DER	0.05	0.50	0.0050	0.5000	0.0059	0.2604	0.1131	bueno	moderado	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-42		25	IZQ	0.04	0.50	0.0050	0.5000	0.0041	0.2230	0.0923	bueno	moderado	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-43		40	DER	0.07	0.50	0.0045	0.4500	0.0095	0.3133	0.1370	Estancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-44		40	IZQ	0.07	0.50	0.0045	0.4500	0.0095	0.3133	0.1370	Estancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-45		40	DER	0.10	0.50	0.0015	0.1500	0.0096	0.2340	0.0615	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-46		40	IZQ	0.10	0.50	0.0015	0.1500	0.0096	0.2340	0.0615	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-47		30	DER	0.07	0.50	0.0030	0.3000	0.0078	0.2558	0.0913	Estancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-48		30	IZQ	0.07	0.50	0.0030	0.3000	0.0078	0.2558	0.0913	Estancamiento	leve	BUENO	50%	75%	BUENA
	CN-49		55	DER	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	severo	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-50		55	IZQ	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	severo	MALO	25%	50%	REGULAR

Ilustración 24:*cunetas-factores que afectan el desempeño hidraulico*

ANÁLISIS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 03

Diagnosticar las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento que limitan el desempeño hidráulico de las cunetas.

Para identificar las causas raíz del déficit hidráulico en Juliaca, se realizó una inspección visual detallada y un levantamiento de patologías en los 50 tramos de cunetas. Los resultados se han categorizado según el tipo de deficiencia que afecta la infraestructura:

DISEÑO CUNETA TRIANGULAR					FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRÁULICO					
INDICACIÓN	CUNETA	SECCIÓN	LONGITUD	LADO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCIÓN			DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO		
	COD	TIPO			PENDIENTE: S ≥ 0.5	GRIETAS Longitudinal m / ancho 1.0-3.0mm fuerza 3.	DESCASTE ABRASE Densidad Superficie lira / Mala: Agregado	Huel Sedimentación (%)	Huel Densidad (%)	ESTADO GLOBAL
AV. CIRCONVALACION- ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	57	DER	Ertancamiento	leve	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-02		56	IZQ	Ertancamiento	severa	MALO	25%	25%	MALA
	CN-03		48	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	75%	REGULAR
	CN-04		49	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-05		52	DER	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-06		51	IZQ	Ertancamiento	moderada	BUENO	25%	0%	MALA
	CN-07		54	DER	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-08		56	IZQ	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-09		57	DER	Ertancamiento	leve	MALO	25%	75%	REGULAR
	CN-10		58	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	25%	0%	MALA
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	80	DER	Ertancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-12		80	IZQ	Ertancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-13		50	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-14		61	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	25%	50%	REGULAR
	CN-15		58	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-16		58	IZQ	Ertancamiento	moderada	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-17		85	DER	Ertancamiento	moderada	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-18		82	IZQ	Ertancamiento	moderada	MALO	0%	50%	MALA
	CN-19		85	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-20		82	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. ANDRES AVELINO CACERES- JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHIROCA	CN-21	CONCRETO	62	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-22		62	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-23		58	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-24		58	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-25		60	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-26		60	IZQ	Ertancamiento	severa	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-27		57	DER	Ertancamiento	severa	MALO	75%	50%	BUENA
	CN-28		57	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-29		61	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-30		61	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC- JR. CULTURA	CN-31	CONCRETO	180	DER	buena	severa	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-32		180	IZQ	buena	moderada	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-33		60	DER	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-34		61	IZQ	buena	moderada	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-35		189	DER	Ertancamiento	severa	MALO	0%	50%	MALA
	CN-36		186	IZQ	Ertancamiento	severa	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-37		173	DER	Ertancamiento	severa	MALO	25%	25%	MALA
	CN-38		174	IZQ	Ertancamiento	severa	MALO	0%	25%	MALA
	CN-39		172	DER	Ertancamiento	severa	MALO	25%	0%	MALA
	CN-40		172	IZQ	Ertancamiento	moderada	BUENO	0%	50%	MALA
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO-JR. GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR. PATALLA	CN-41	CONCRETO	25	DER	buena	moderada	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-42		25	IZQ	buena	moderada	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-43		40	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-44		40	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-45		40	DER	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-46		40	IZQ	Ertancamiento	moderada	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-47		30	DER	Ertancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-48		30	IZQ	Ertancamiento	leve	BUENO	50%	75%	BUENA
	CN-49		55	DER	Ertancamiento	severa	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-50		55	IZQ	Ertancamiento	severa	MALO	25%	50%	REGULAR

Ilustración 25:

cunetas-factores que afectan el desempeño hidráulico

A) Deficiencias de Diseño: El Problema de la Pendiente

El análisis de la pendiente longitudinal (S) evidencia un error sistemático en el diseño geométrico en el diseño geométrico, que compromete el flujo por gravedad del agua pluvial. De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma CE.040), la pendiente mínima requerida para garantizar un escurrimiento eficiente es del 0,50%.

Sin embargo, en la ilustración 26 se muestra un incumplimiento generalizado como se detalla:

Sectores en estancamiento total (100 % crítica):

- Av. Circunvalación, Av. Abancay y Av. Andrés Avelino Cáceres presentan la totalidad de sus tramos (10 de 10 en cada vía) con pendientes inferiores a 0,50 %.
- Las mediciones identificaron pendientes críticas de 0,35 % en Circunvalación y hasta 0,15 % en Avelino Cáceres (CN-29).

Consecuencia:

La insuficiencia de pendiente longitudinal limita la velocidad del flujo superficial, favoreciendo la sedimentación inmediata de sólidos suspendidos y la acumulación persistente de agua en los tramos afectados. Este fenómeno genera aniegos permanentes y compromete la eficiencia hidráulica del sistema de drenaje pluvial, incluso bajo condiciones de precipitación moderada.

B) Deficiencias Constructivas: Deterioro del Concreto

La evaluación del estado físico de las cunetas evidencia procesos constructivos inadecuados o fatiga del material, clasificados por la severidad de grietas y abrasión superficial:

- **Severidad de Grietas (Falla Estructural):** La Av. Ferrocarril es el sector más afectado estructuralmente. El 50% de sus tramos (CN-35 a CN-39) presentan grietas severas (> 3.0 mm) y el resto grietas moderadas.

Impacto: Estas fisuras permiten la infiltración de agua debilitando la estructura de la pavimentación. Asimismo, incrementan la rugosidad hidráulica (n), reduciendo la velocidad y eficiencia del flujo superficial.

- **Desgaste por Abrasión (Acabado Superficial):**

La Av. Abancay presenta tramos con acabados de baja calidad. En sectores como CN-11 y CN-12, la superficie se encuentra en mal estado, con agregados expuestos o sueltos, incrementando la fricción superficial y disminuyendo la eficiencia hidráulica de las cunetas.

C) Deficiencias de Mantenimiento:

Este factor resultó ser el más determinante para el colapso hidráulico "In Situ" observado en los objetivos anteriores. La falta de limpieza ha reducido la sección útil de las cunetas de manera alarmante.

- Acumulación de Sedimentos (Tierra/Lodo): La Av. Héroes de la Guerra presenta el escenario más crítico, con un nivel de obstrucción promedio por sedimentos del 60%.

Análisis: Al estar colmatada en más de la mitad de su tirante o profundidad, la cuneta pierde el 60% de su capacidad de carga. Esto correlaciona directamente con el diseño de baja pendiente: al no haber velocidad de autolimpieza, la tierra se sedimenta.

- Presencia de Residuos Sólidos (Basura): Las avenidas Abancay y Andrés Avelino Cáceres lideran esta deficiencia con un 50% de obstrucción por basura. Botellas, plásticos y desmontes actúan como diques artificiales que represan el agua, anulando cualquier cálculo hidráulico teórico.

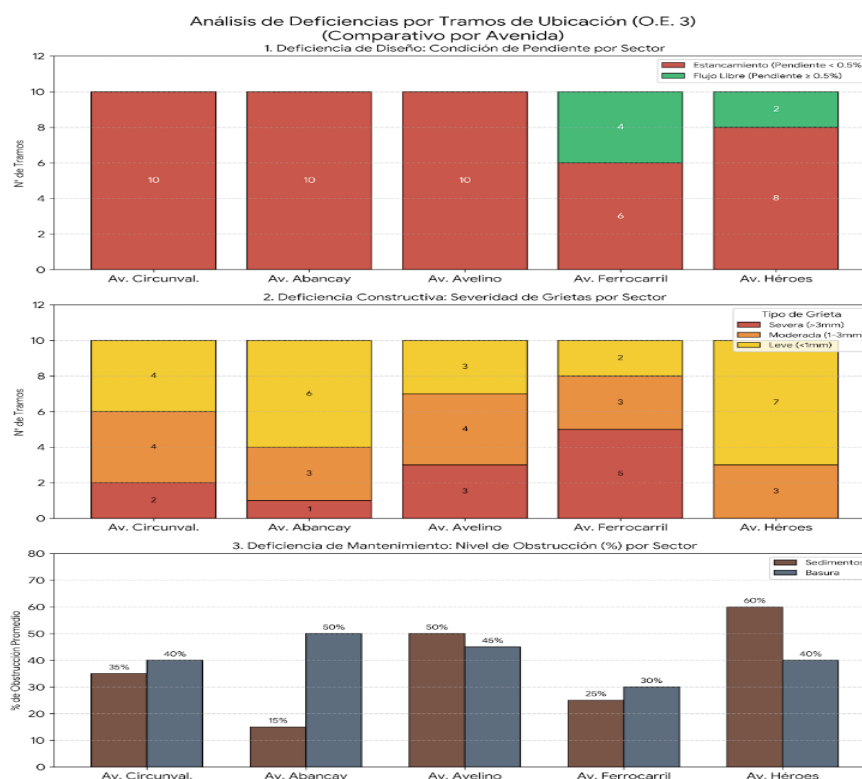


Ilustración 27:

Análisis de deficiencias por tramos de ubicación

En Consecuencia:

Como resultado del análisis integral, la mayoría de los tramos de la Av. Abancay y Av. Ferrocarril presentan un estado de desempeño "MALO", conforme a los criterios establecidos en la Norma CE.040 del Reglamento Nacional de Edificaciones para sistemas de drenaje pluvial. Esta calificación no se atribuye únicamente a la insuficiencia de capacidad de las cunetas o a deficiencias en su mantenimiento, sino que refleja un deterioro generalizado del sistema, derivado de fallas de diseño, construcción y mantenimiento que comprometen la evacuación eficiente de aguas pluviales.

EVALUACION DE DEFICIENCIAS EN ALCANTARILLAS RECTANGULARES (O.E.3)

DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR											FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO									
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						DEFICIENCIAS DE DISEÑO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION			DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO					
	COD	TIPO			(m)	Tirante	b	Pendiente	Caudal	Veloc		Tension Tract	PENDIENTE : S ≥ 0.5	GRIETAS Leve<1.0mm / moderada 1.0-3.0mm / severa>3.0mm	DESGASTE ABRASION Bueno: Superficie lisa / Malo: Agregados expuestos/sueltos	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	ESTADO GLOBAL		
			Y			S						Q							V	T trao
			m			m						m/m							m³/s	m/s
AV.CIRCUNVALACION - ENTRE AV.TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	10.00		0.05	1.20	0.0020	0.0230	0.3836	0.0923	ERROR	Estancamiento	Leve	MALO	0%	0%	MALA			
	ALC-02	CONCRETO	10.00		0.05	1.20	0.0020	0.0288	0.4795	0.0923	ERROR	Estancamiento	leve	MALO	0%	0%	MALA			
AV.TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	15.00		0.10	1.20	0.0020	0.0869	0.7245	0.1714	OK	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR			
	ALC-06	CONCRETO	15.00		0.10	1.20	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR			
AV.FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-IRICULTURA	ALC-07	CONCRETO	15.00		0.07	1.20	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	Estancamiento	leve	MALO	25%	25%	MALA			
	ALC-08	CONCRETO	15.00		0.07	1.20	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR			

Ilustración 26:

Alcantarillas rectangulares-factores que afectan el desempeño hidráulico

De la ilustración N° 27 se ha identificado lo siguiente:

Para complementar el estudio de causas, se analizaron las deficiencias técnicas en las alcantarillas de concreto. A diferencia de las cunetas, aquí los problemas no se limitan a la acumulación de

basura, sino que incluyen deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento, como se detallan:

A) Deficiencias de Diseño:

-Incumplimiento de la Pendiente mínima normativa:

El análisis hidráulico evidencia un incumplimiento sistemático de la pendiente longitudinal mínima requerida (0,5 %) para evitar sedimentación.

Así también el 100 % de las alcantarillas evaluadas presentan pendientes entre 0,15 % y 0,32 %, generando condiciones de estancamiento.

Consecuencia: La insuficiente pendiente provoca pérdida de energía del flujo, reduciendo la capacidad de transporte de sólidos y condicionando la colmatación de las estructuras.

-Tensión tractiva insuficiente:

La deficiencia de pendiente genera que el 66,7 % de las alcantarillas (sectores Circunvalación y Ferrocarril) presenten valores de tensión tractiva por debajo del límite mínimo normativo ($T < 0,102 \text{ kg/m}^2$), confirmando su diseño prácticamente plano y predisposición a la obstrucción por sedimentos.

B) Deficiencias Constructivas: Desgaste de Material: A nivel estructural, se evaluó la calidad del concreto armado. Afortunadamente, no se encontraron fallas graves por agrietamiento (todas presentan grietas "Leves" $<1.0\text{mm}$), lo que indica estabilidad estructural. Sin embargo, el problema está en el acabado interno:

- Abrasión Severa (Superficie Rugosa): El 50% de las alcantarillas (específicamente en Av. Circunvalación y ALC-07 en Ferrocarril) presentan un estado de abrasión calificado como "MALO".

Diagnóstico: Se observan agregados expuestos o sueltos en la losa de fondo. Esta rugosidad excesiva frena el agua y atrapa sedimentos, empeorando la deficiencia de la pendiente.

C) Deficiencias de Mantenimiento (La Carga de Sedimentos y Basura):

La obstrucción por sedimentos y basura constituye un factor crítico que determina el estado operativo de las alcantarillas, con variaciones significativas, como se indican:

-En la Av. Tacna:

Las alcantarillas ALC-05 y ALC-06 presentan 50 % de obstrucción por sedimentos y 50 % por residuos sólidos, a pesar de contar con acabado superficial adecuado y tensión tractiva dentro de norma.

-En la Av. Ferrocarril:

Las alcantarillas muestran niveles de obstrucción entre 25 % y 50 %, que, combinados con pendientes extremadamente bajas (0,15 %),

aceleran el colapso hidráulico y comprometen la evacuación eficiente del agua.

-En la Av. Circunvalación:

A pesar de no presentar sedimentos ni residuos visibles durante la inspección, su estado operativo es "MALO" debido a deficiencias de diseño y acabado constructivo (abrasión superficial), que limitan el desempeño hidráulico.

Conclusión del O.E.3:

A diferencia de las cunetas, donde el factor limitante es la capacidad de la sección, en las alcantarillas rectangulares el problema principal radica en la calidad de diseño, ejecución y mantenimiento. Las estructuras fueron construidas con pendientes insuficientes (casi planas) y acabados rugosos, lo que facilita la acumulación de residuos y sedimentos (hasta el 50 % de la sección), bloqueando el flujo de agua y comprometiendo el desempeño hidráulico.

EVALUACION DE DEFICIENCIAS EN ALCANTARILLAS CIRCULARES

(O.E.3)

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR										FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO					
UBIGACIÓN	CUNETA	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS										DEFICIENC
	COD	TIPO			(m)	Tirante	r=D/2	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	T trac min= 0.102 kg/cm2	PENDIENTE : S ≥ 0.5	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)
			Y			S		Q	V	T trac					
			m			m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2					
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	PROVISIONAL	10.00		0.2	0.61	0.0030	0.1880	1.5044	0.0980	ERROR	Estancamiento	0%	0%	MALA
SLDA CUSCO-LAY	ALC-04	PROVISIONAL	10.00		0.3	0.61	0.0045	0.5518	2.4712	0.0930	ERROR	Estancamiento	0%	0%	MALA

Ilustración 27:

Alcantarillas circulares-factores que afectan el desempeño hidraulico

De la ilustración N° 29 se ha identificado lo siguiente:

Se evaluaron las causas del bajo desempeño de las alcantarillas TMC tubulares provisionales se identifica un escenario de abandono técnico, donde no se cumplen los criterios básicos de diseño geométrico ni las labores de mantenimiento. La evaluación se detalla a continuación:

A) Deficiencias de Diseño: Geometría No Funcional

-Falla de pendiente (100 % estancamiento):

Las alcantarillas ALC-03 y ALC-04 fueron instaladas con pendientes de 0.30 % y 0.45 %, inferiores al mínimo normativo exigido de 0.50 % (según norma CE.040 del Reglamento Nacional de Edificaciones), generando que el flujo gravitacional es insuficiente, generando estancamiento total.

-Insuficiencia de tensión tractiva – falla de autolimpieza:

La pendiente insuficiente genera tensiones tractivas de 0.098 y 0.093 kg/m², por debajo del valor mínimo normativo de 0,102 kg/m², imposibilitando la evacuación de sedimentos y la autolimpieza de las tuberías, razón por la cual el 100 % de las alcantarillas evaluadas presenta falla en tensión tractiva, evidenciando que, por diseño, no cumplen su función hidráulica.

B) Deficiencias de Mantenimiento:

Se evidencia no ejecución de mantenimiento (descolmatación de azolve y residuos solidos).

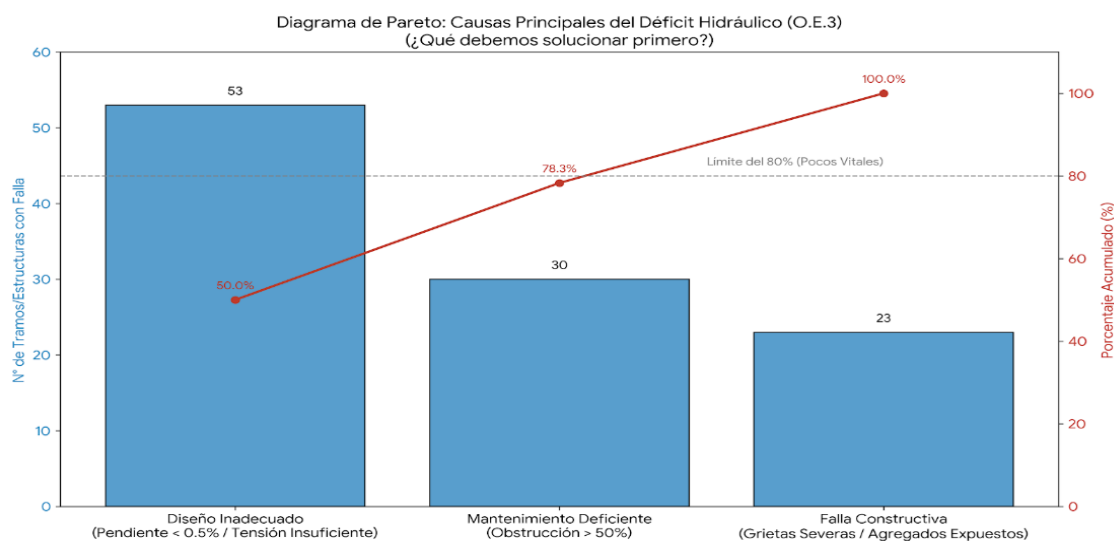
Entendiéndose que, a diferencia de las cunetas, donde se detecta acumulación superficial de basura, estas alcantarillas provisionales no han recibido limpieza ni descolmatación, lo que ha permitido la consolidación de sedimentos en su interior. Por lo señalado se detalla:

- El estado operativo de ALC-03 y ALC-04 es "MALA" en el 100 % de las alcantarillas evaluadas.
- Las alcantarillas se encuentran en su estado real con pendientes insuficientes y ausencia total de mantenimiento. Esto ha convertido que las alcantarillas de la Av. Tacna y Salida Cusco en cuellos de botella, que agravan las inundaciones en lugar de mitigarlas.

Se Concluye:

DIAGRAMA DE PARETO

El principio de Pareto (Regla 80/20) nos indica que "pocos factores vitales generan la mayoría de los problemas".

**Ilustración 28:***Diagrama de Pareto*

El gráfico evidencia una predominancia de las fallas de diseño sobre las constructivas. La barra de mayor altura corresponde a Tensión Tractiva Insuficiente (Diseño), seguida por Pendiente Inadecuada y Colmatación por Sedimentos.

El análisis de la curva acumulada (línea roja) indica que aproximadamente el 80 % de los problemas del sistema de drenaje se concentra en estas tres causas principales. En particular, la falta de pendiente adecuada es el factor crítico, generando sedimentación inmediata. Adicionalmente, la presencia de basura y las fallas constructivas contribuyen a agravar el desempeño del sistema de drenaje pluvial.

4.2. DISCUSIONES**4.2.1. Respecto a la Capacidad Hidráulica de las Cunetas (O.E.1)**

Los resultados del análisis hidrológico e hidráulico determinaron que, si bien el diseño teórico de las cunetas podría soportar los caudales

de aporte (10.6 l/s a 21.1 l/s), la capacidad real "In Situ" es insuficiente en el **96% de los tramos evaluados**, debido a la reducción de la sección útil.

Este hallazgo guarda una **estrecha similitud** con lo reportado por **Rodríguez Castrejón (2023)** en Cajamarca, quienes, tras simular escenarios de lluvia, determinaron que el **95% de las cunetas superaban su capacidad** hidráulica para un periodo de retorno de 10 años, cifra que ascendía al 98% para 25 años. Ambos estudios coinciden en que la insuficiencia no es siempre un problema de dimensionamiento original, sino de la operatividad actual frente a la demanda pluvial.

Asimismo, se corrobora lo establecido por **Ochoa (2024)** en Apurímac, quien identificó que, aunque no siempre hay desbordes inmediatos, la acumulación de sedimentos reduce significativamente la **capacidad hidráulica efectiva** de las cunetas. En el caso de Juliaca, esta reducción es crítica en la Av. Ferrocarril, donde la capacidad real cayó a 3.6 l/s frente a una demanda de 21.1 l/s, validando la premisa de Ochoa sobre la necesidad de redimensionar tramos críticos más allá del mantenimiento básico.

A diferencia de **Gonzales (2024)**, quien concluyó en su estudio en Puerto López que los canales "cumplen con su función hidráulica" a pesar de requerir limpieza, en Juliaca se evidencia un colapso

funcional, donde la infraestructura ya no cumple su propósito ni siquiera en condiciones de lluvia moderada, acercándose más al escenario de "insuficiencia operativa" descrito por **Chimbo (2023)** en Cuenca.

4.2.2. Respecto a la Eficiencia de las Alcantarillas (O.E.2)

La evaluación de las alcantarillas rectangulares y circulares en Juliaca reveló una discrepancia alarmante: teóricamente poseen alta eficiencia (con factores de seguridad de hasta 12.0 en autolimpieza), pero "In Situ" presentan una **eficiencia operativa inferior al 4%** en las rectangulares y del **9% al 32%** en las circulares, debido a obstrucciones severas.

Estos resultados concuerdan plenamente con la investigación internacional de **Mero (2024)** en Ecuador, quien demostró que el rendimiento hidráulico insuficiente no siempre se debe al tubo en sí, sino a que la **colmatación por residuos sólidos y la falta de mantenimiento** reducen la sección útil de conducción, provocando aniegos y reflujos. En Juliaca, esto se confirma con la "falta de tensión tractiva" hallada en las alcantarillas de la Av. Circunvalación, donde la fuerza del agua es incapaz de arrastrar los sedimentos acumulados.

A nivel local, los resultados validan la persistencia del problema identificado hace más de una década por **Rendón (2013)** en el sector Los Virreyes de Juliaca, quien reportó que los conductos trabajaban

"en carga" (presurizados) y provocaban el retorno del flujo a la superficie. Doce años después, la presente investigación confirma que las alcantarillas siguen colapsadas, no por falta de diámetro (como sugería Rendón para ciertas zonas), sino por un abandono total del mantenimiento que ha anulado la capacidad instalada

4.2.3. Respecto a las Deficiencias de Diseño, Construcción y Mantenimiento (O.E.3)

El diagnóstico de patologías identificó que las principales causas del colapso son las **pendientes longitudinales menores al 0.5%** (Deficiencia de Diseño en el 80-100% de casos) y la **obstrucción por sedimentos** (Deficiencia de Mantenimiento).

Este resultado se alinea contundentemente con lo hallado por **Herrera (2021)**, quien en su evaluación de cunetas determinó que el **76% presentaba una pendiente longitudinal inferior a la requerida** por la norma OS.060, y que el 100% incumplía anchos mínimos. Al igual que en Juliaca, Herrera concluyó que el funcionamiento deficiente es causado por la combinación de "incumplimiento geométrico y obstrucción constante por sedimentos", ratificando que el error de pendiente es un vicio constructivo recurrente en la ingeniería vial nacional.

En cuanto al mantenimiento, la situación de Juliaca (calificada como "Abandono Total" en alcantarillas circulares) refleja una realidad más



grave que la descrita por **Coronel (2021)**, quien encontró deficiencias físicas en el **53.1%** del sistema. En Juliaca, la incidencia de falla por falta de limpieza alcanza niveles del 100% en sectores como la Salida Cusco.

Finalmente, se coincide con **Rojas & Humpiri (2016)**, quienes advirtieron sobre "inconsistencias en el expediente técnico" de Juliaca. La presencia de alcantarillas con pendientes del **0.15%** (Av. Ferrocarril) detectada en esta tesis es una prueba física de esa falta de rigor técnico en el diseño original mencionada en los antecedentes locales



CONCLUSIONES

Primera: Se determinó que el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas influye negativamente y de manera significativa en la eficiencia del drenaje pluvial de las vías urbanas de Juliaca en el año 2025. El sistema opera bajo condiciones de colapso funcional, donde la infraestructura existente es incapaz de evacuar los caudales de diseño debido a una severa reducción de su sección hidráulica útil, validando la hipótesis general de que las deficiencias actuales condicionan el riesgo de inundación en la ciudad.

Segunda: La capacidad hidráulica de las cunetas es insuficiente en el 96% de los tramos evaluados bajo condiciones reales de operación ("In Situ"). Aunque el diseño teórico permite conducir caudales entre 10.6 l/s y 21.1 l/s, la acumulación de sedimentos y las fallas geométricas han reducido la capacidad efectiva a valores críticos (como 3.6 l/s en la Av. Ferrocarril), generando un déficit de cobertura del 80% frente a la demanda pluvial calculada por el Método Racional.

Tercera: Se verificó que el nivel de eficiencia operativa de las alcantarillas es crítico e inferior al 4% en las estructuras rectangulares y menor al 33% en las circulares. A pesar de que las obras de arte mayores cuentan con dimensiones de diseño que teóricamente garantizan factores de seguridad altos (hasta 12 veces la norma en autolimpieza), la falta de mantenimiento ha provocado una colmatación masiva que anula su funcionalidad, convirtiéndolas en diques de contención en lugar de canales de evacuación.



Cuarta: El diagnóstico de patologías identificó que las deficiencias que limitan el desempeño hidráulico son principalmente de Diseño y Mantenimiento. Se detectó que entre el 80% y 100% de la infraestructura fue construida con pendientes longitudinales menores al mínimo normativo ($S < 0.5\%$), lo que impide la autolimpieza natural. Este error de diseño se ve agravado por un mantenimiento inexistente, resultando en niveles de obstrucción por sedimentos y residuos sólidos que ocupan hasta el 60% de la sección transversal en sectores como la Av. Héroes de la Guerra.



RECOMENDACIONES

Primera: Implementación de un Plan de Mantenimiento Correctivo

Inmediato: Se recomienda a la Municipalidad Provincial de San Román ejecutar una campaña de descolmatación de emergencia en las alcantarillas de la Av. Circunvalación y Av. Ferrocarril, donde la eficiencia es insuficiente. La limpieza mecánica debe recuperar el tirante hidráulico original para restablecer la capacidad de autolimpieza del sistema antes de la próxima temporada de lluvias.

Segunda: Corrección Geométrica de Pendientes en Obras Nuevas: Para futuros proyectos de pavimentación y drenaje en Juliaca, es imperativo que los expedientes técnicos y la supervisión de obra garanticen el cumplimiento estricto de la pendiente mínima del 0.5% (Norma OS.060/CE.040). En los tramos críticos identificados (como la Av. Ferrocarril), se sugiere la reconstrucción de cunetas corrigiendo la rasante para evitar el estancamiento crónico detectado en esta investigación.

Tercera: Reemplazo de Alcantarillas Provisionales: Se recomienda la sustitución de las alcantarillas tubulares provisionales (Salida Cusco y Av. Tacna) por estructuras de concreto tipo marco (Box Culvert) con un diseño de fondo cóncavo o cuneta central (sección compuesta). Dado que la pendiente natural del terreno es baja en estos sectores, esta geometría facilitaría la concentración del flujo en estiaje, mejorando la tensión tractiva y evitando la sedimentación acelerada que hoy presentan los tubos circulares.



Cuarta: Gestión de Residuos Sólidos y Educación Ambiental: Dado que el 40-50% de la obstrucción en sectores como la Av. Abancay corresponde a basura doméstica, se sugiere implementar rejillas de retención de sólidos en las captaciones (sumideros) con un programa de limpieza frecuente, acompañado de campañas de sensibilización vecinal, ya que la ingeniería hidráulica por sí sola no puede compensar la carga de residuos arrojados a la vía pública.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow Te, V. (2004). *Hidraulica de canales Abiertos*. Obtenido de https://www.academia.edu/43519012/Ven_Te_Chow_HIDRAULICA_DE_CANALES_ABIERTOS
- Del Río Cervantes, A. F., & Forero Castiblanco, D. A. (2021). *Estudio hidrológico e Hidraulico de la vía que conduce del corregimiento el doce - al corregimiento barro blanco, zona rural del municipio de Tarazá, Antioquia*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/754ceccf-339f-4cb4-8c4a-b4b825aa2fab/content>
- Hernández Jiménez, M. (2018). *Diseño del drenaje p'luvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/bfdbba66-f73f-4054-b0d7-be9a5dd6cd87/content>
- Huacho Ochoa, R. (2024). *Evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, y propuestas de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haquira - Apurímac*. Universidad Continental, Haquira, Apurímac, Perú. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/15161/2/IV_FIN_105_TE_Huacho_Ochoa_2024.pdf
- (2018). *Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Lima. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/docum



entos/manuales/Manual%20de%20Hidrolog%C3%ADa,%20Hidr%C3%A1ulica%20y%20Drenaje.pdf

Mero Santana , E. A. (2024). *Evaluacion del comportamiento hidraulico de alcantarillado pluvial d3e la calle El Oro y Avenida Manta de la ciudad Montecristi*. Universidad estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador . Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/383789215_Evaluacion_del_Comportamiento_Hidraulico_del_Alcantarillado_Pluvial_de_la_calle_El_Oro_y_Avenida_Manta_de_la_ciudad_Montecristi

Rojas Naira , P. C., & Humpiri Pari, V. H. (2016). *Evaluacion, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicacion del sotwate SWMM*. Universidad Nacional del Altiplano Puno, Juliaca, Puno, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2975>

Villareal , R. (2019). *Diseño hidraulico de drenaje superficial urbano*. Universidad Nacional de Ingenieria.

W. Mays, L. (2011). *Water Resources Engineering*. Obtenido de https://dl.watereng.ir/doc/Larry%20W.%20Mays%20-%20Water%20Resources%20Engineering%20_2010,%20Wiley_.pdf

Arias Gonzales, J. (2021). *DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (1a Ed.). <https://www.researchgate.net/publication/352157132>

Chimbo, D. (2023). *Análisis del comportamiento hidráulico en la red de drenaje pluvial, implementando Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, en el sector de la Universidad del Azuay-Cuenca*. Universidad de Cuenca.



- Coronel, K. (2021). *EVALUACIÓN DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE YAUYUCAN, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA* 2019. <https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>
- Del rio, A., & Forero, D. (2021). *ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO DE LA VÍA QUE CONDUCE DEL CORREGIMIENTO EL DOCE - AL CORREGIMIENTO BARRO BLANCO, ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE TARAZÁ, ANTIOQUIA*. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.
- Gonzales, J. (2024). *"Evaluación de las condiciones hidráulicas actuales del canal pluvial entre las calles Juan León Mera y calle Eloy Alfaro del cantón Puerto López"*. UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.
- Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (5a ed.). McGraw-Hill Education.
- Herrera, Y. (2021). *EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CUNETAS DEL SECTOR NUEVO CAJAMARCA-CAJAMARCA, 2021*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
- Llanos, U. (2021). *Análisis del comportamiento hidráulico del sistema de drenaje pluvial para mejorar el camino vecinal del Distrito de Ayaviri, Puno – 2021* [UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO]. <https://orcid.org/000-0003-4459-494X>
- MANUAL DE CARRETERAS: Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2014).
- MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE (2012).
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. En *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación* (1a Ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- MENDOZA, A., & MENDOZA, D. (2023). *EVALUACIÓN Y ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE EXISTENTES EN LA*



VÍA SAYÁ – EL AZÚCAR DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA.
UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

Mero, E. (2024). *Evaluación del Comportamiento Hidráulico del Alcantarillado Pluvial de la calle El Oro y Avenida Manta de la ciudad Montecristi*.
UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.

MODIFICACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO A NORMA TÉCNICA CE.040 DRENAJE PLUVIAL DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2021).
www.gob.pe/vivienda

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (s. f.). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5a Ed.).

Ochoa, R. H. (2024). *Evaluación del sistema de drenaje de las alcantarillas y cunetas, y propuesta de replanteo de mejora en la trocha carrozable entre el sector Bellavista y Ccocha en el distrito de Haqira - Apurímac*.
UNIVERSIDAD CONTINENTAL.

Rendón, V. (2013). *DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA (Sector Los Virreyes) - Puno- Perú*. UNIVERSITAT POTÈCNICA DE CATALUNYA.

Rodriguez, D., & Castrejon, R. (2023). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL POR GRAVEDAD DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, SECTOR 13 - BARRIO SAN MARTÍN DE PORRES*. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.

Rojas, P., & Humpiri, V. (2016). *EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.

Tucci, C. (1993). *Hidrologia-ciencia e aplicao* (2a Ed.).

VEN TE, C., MAIDMENT, D., & MAYS, L. (1994). *HIDROLOGIA APLICADA*.

VEN TE CHOW. (1994). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*.



Villón, M. (2007). *HIDRAULICA DE CANALES* (1a Ed.).
www.itcr.ac.cr/escuelas/agricola/index.aspx



ANEXOS



Anexo 1:

MATRIZ DE CONSISTENCIA:

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA – 2025

Matriz de consistencia						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas de Recolección
¿Cuáles son las características del comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas y su incidencia en la eficiencia del drenaje pluvial de las vías urbanas de Juliaca en el año 2025?	Evaluar el comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en las vías urbanas de Juliaca durante el año 2025, para establecer su incidencia en la eficiencia del drenaje pluvial.	El comportamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas influye significativamente en la eficiencia del drenaje pluvial de las vías urbanas de Juliaca en el año 2025.	Variable Independiente: Comportamiento hidráulico	○ Dimensiones geométricas ○ Capacidad hidráulica ○ Estado constructivo ○ Mantenimiento	• Ancho, altura y pendiente de cunetas • Caudal máximo conducido (m^3/s) • Estado físico de la estructura • Nivel de obstrucción o sedimentación	• Observación directa • Medición en campo • Revisión documental
Problema Especifico PE 1: ¿De qué manera la capacidad hidráulica actual de las cunetas responde a las precipitaciones máximas en las vías urbanas de Juliaca?	Objetivo específico OE 1: Determinar la capacidad hidráulica de las cunetas en función de las precipitaciones máximas de diseño en las vías de Juliaca.	Hipótesis Específicos HE 1: La capacidad hidráulica actual de las cunetas no responde a la demanda generada por las precipitaciones máximas en las vías urbanas de Juliaca.	Variable Dependiente: Eficiencia del drenaje	○ Evacuación de caudal pluvial ○ Presencia de aniegos o inundaciones ○ Impacto en la transitabilidad ○ Conservación de pavimento	• % de caudal evacuado • Frecuencia de aniegos en tramos viales • Afectación al tránsito vehicular y peatonal	• Observación directa • Revisión documental (SENAMHI, informes técnicos)



PE 2 ¿En qué nivel de eficiencia operan las alcantarillas en la evacuación de caudales pluviales en sectores críticos de la ciudad? PE 3: ¿De qué manera los factores de diseño, construcción y mantenimiento determinan el funcionamiento hidráulico de cunetas y alcantarillas en Juliaca?	OE 2: Verificar el nivel de eficiencia de las alcantarillas para la evacuación de los caudales pluviales en las vías urbanas. OE 3: Identificar las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento que afectan el desempeño hidráulico de las cunetas y alcantarillas.	HE 2: Las alcantarillas operan con un bajo nivel de eficiencia en la evacuación de caudales pluviales en sectores críticos de la ciudad, debido a obstrucciones y fallas técnicas. HE 3: Los factores de diseño, construcción y mantenimiento determinan de manera limitante el adecuado funcionamiento hidráulico de las cunetas y alcantarillas en Juliaca.	Grado de deterioro del pavimento
---	---	--	--

Coeficiente de escorrentía para vías urbanas

Tabla 1.b
Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas
Para 5 y 10 años de Periodo de Retorno

Características de la superficie	Coeficiente de Escorrentía
Calles	
Pavimento Asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de Adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y Azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,05 a 0,10
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,10 a 0,15
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Plano (0 - 2%) Pendiente	0,13 a 0,17
Promedio (2 - 7%) Pendiente	0,18 a 0,22
Pronunciado (>7%) Pendiente	0,25 a 0,35
Praderas	0,20

Periodo de Retorno

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n \quad (1)$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T , fijando el riesgo de falla admisible R ,

el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. (Ver Figura N° 01)

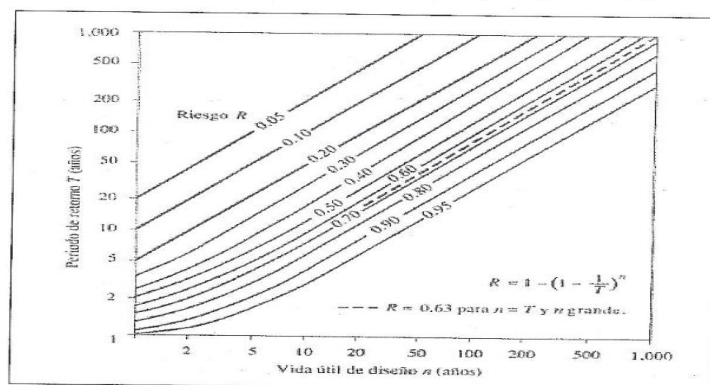


Figura N° 01. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)).



En la Tabla N° 01 se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

TABLA N° 01: Valores de Período de Retorno T (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: MONSALVE, 1999.

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla N° 01 se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

TABLA N° 02: VALORES MAXIMOS RECOMENDADOS DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

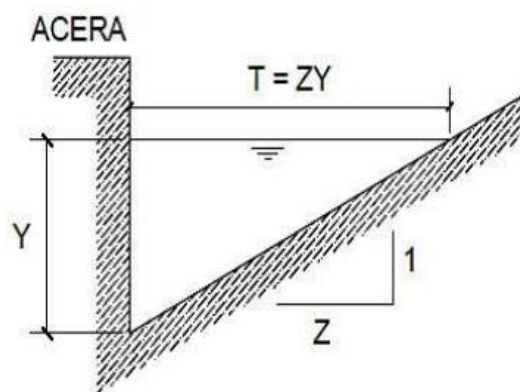
(**) - Vida Útil considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
 - Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
 - Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
 - Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

CAUDAL DE EC. MANNING CUNETAS TRIÁNGULO RECTÁNGULO: Norma

Técnica CE.040 Drenaje Pluvial Urbano del Reglamento Nacional de

Edificaciones



$$Q=315 \frac{Z}{n} S^{\frac{1}{2}} Y^{\frac{8}{3}} \left(\frac{Z}{1 + \sqrt{1+Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

SECCIÓN: TRIÁNGULO RECTÁNGULO

ANEXO II: HIDRÁULICA

Tabla 1
n de Manning para cunetas de calles y calzadas

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto-calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015
Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n, en:	0,002
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3 ⁽³⁶⁾	

Fuente (traducción propia):

Brown, S.A., Schall, J.D., Morris, J.L., Doherty, C.L., Stein, S.M. and J.C. Warner (2013): **Urban Drainage Design Manual**, Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, National Highway Institute, USA, Publication No. FHWA-NHI-10-009, September 2009, Revised August 2013, p. 99.

Radio Hidráulico

Radio Hidráulico ($R = A/P$):

$$\frac{\frac{Z \cdot Y^2}{2}}{Y \cdot (1 + \sqrt{1 + Z^2})} = \frac{Z \cdot Y}{2 \cdot (1 + \sqrt{1 + Z^2})}$$

Área mojada

$$\text{Área Mojada (A): } \frac{Z \cdot Y^2}{2}$$

Perímetro mojado

$$\text{Perímetro Mojado (P): } Y + Y\sqrt{1 + Z^2} = Y \cdot (1 + \sqrt{1 + Z^2})$$

Tensión tractiva

$$\tau = \gamma_{\text{agua}} \cdot R_H \cdot S \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

ρ : Densidad del agua (1000 Kg/m³)
 g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
 γ : Peso específico del agua
 S : Pendiente del tramo (m/m)
 R_H : Radio Hidráulico (m)

Tensión tractiva mínima: 0.102 (kg/m²) o 1 Pa

RELACIONES GEOMETRICAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Tabla 1.3 Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes

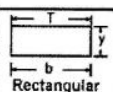
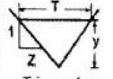
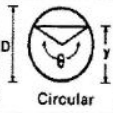
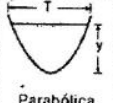
Sección	Área hidráulica A	Perímetro Mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	b + 2y	$\frac{by}{b + 2y}$	b
 Trapezoidal	(b + Zy) y	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b + Zy) y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$	b + 2Zy
 Triangular	Zy ²	$2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1 + Z^2}}$	2Zy
 Circular	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta) D^2$	$\frac{1}{2} \theta D$	$\frac{1}{4}(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}) D$	$(\text{sen } \frac{1}{2} \theta) D$ $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2 y}{3T^2 + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$



TABLA DE EVALUACION DE RESULTADOS CAPACIDAD HIDRAULICA DE CUNETAS- METODO RACIONAL

Q metodo racional= 0.278 x C x I x A									
Segun MTC A<=10 km² Segun RNE A<=13 km²									
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						
	COD	TIPO	COEF. ESCORR	INT. PRECIP.	AREA		CAUDAL MAX DISEÑO		
			C	I (mm/h)	A1 (km2)	A2 (km2)	Q1	Q2	Q (m3/s)
AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-02		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-03		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-04		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-05		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-06		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-07		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-08		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-09		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
	CN-10		0.95	19.69	0.0015	0.0027		0.0142	0.0142
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-12		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-13		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-14		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-15		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-16		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-17		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-18		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-19		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
	CN-20		0.83	20.00	0.0043		0.0199		0.0199
AV. ANDRES AVELINO CACERES- JR. LEONARDO BARDALES- JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-22		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-23		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-24		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-25		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-26		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-27		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-28		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-29		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
	CN-30		0.5075	13.19	0.0057	0.0059	0.0106		0.0106
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC- JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-32		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-33		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-34		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-35		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-36		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-37		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-38		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-39		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
	CN-40		0.65	6.50	0.0180		0.0211		0.0211
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO- JR. LUIS BANCHERO- JR GUAYAQUIL- JR. TITICACA- JR. SAN CAMILO- JR PATALIA	CN-41	CONCRETO	0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-42		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-43		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-44		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-45		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-46		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-47		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-48		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-49		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177
	CN-50		0.8	12.77	0.0062		0.0177		0.0177

TABLA DE EVALUACION DE RESULTADOS CAPACIDAD HIDRAULICA
CUNETAS DISEÑO- APLICANDO LA ECUACION DE MANNING

CAUDAL EN CUNETAS TRIANGULARES, APLICANDO MANNING																					
DISEÑO																		Q=0.278 x C x I x A			
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											met racion	ANALISIS
	COD	TIPO	DE	A	(m)		AGUAS		altura	Espejo de agua	Z	Coef. Rug manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Capacidad de caudal	Veloc			
							ARRIBA.	ABAJO.											n		
									Q(m3/s)	Qs >Q											
AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0+980	1+037	57	DER	3823.80	3823.60	0.10	1.00	10.00	0.012	0.0500	1.1050	0.0452	0.0035	0.0313	0.6261	0.0142	OK	
	CN-02		0+980	1+036	56	IZQ	3823.68	3823.48	0.10	1.00	10.00	0.012	0.0500	1.1050	0.0452	0.0036	0.0316	0.6988	0.0142	OK	
	CN-03		0+766	0+814	48	DER	3824.00	3823.82	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0037	0.0152	0.3700	0.0142	OK	
	CN-04		0+766	0+815	49	IZQ	3824.09	3823.90	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0039	0.0154	0.3763	0.0142	OK	
	CN-05		0+908	0+960	52	DER	3824.34	3824.14	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0038	0.0154	0.3747	0.0142	OK	
	CN-06		0+908	0+959	51	IZQ	3824.41	3824.22	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0037	0.0151	0.3688	0.0142	OK	
	CN-07		0+993	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0037	0.0128	0.3406	0.0142	ERROR	
	CN-08		0+990	1+046	56	IZQ	3824.84	3824.65	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0034	0.0123	0.3260	0.0142	ERROR	
	CN-09		0+993	1+050	57	DER	3825.09	3824.89	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0035	0.0147	0.3579	0.0142	OK	
	CN-10		0+993	1+051	58	IZQ	3825.21	3825.02	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0034	0.0144	0.3523	0.0142	OK	
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0+520	0+600	80	DER	3869.70	3870.00	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0200	0.4233	0.0199	OK	
	CN-12		0+520	0+600	80	IZQ	3869.68	3870.00	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK	
	CN-13		0+525	0+575	50	DER	3868.60	3868.80	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK	
	CN-14		0+525	0+586	61	IZQ	3868.59	3868.83	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0039	0.0205	0.4336	0.0199	OK	
	CN-15		0+450	0+508	58	DER	3868.65	3868.42	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK	
	CN-16		0+451	0+509	58	IZQ	3868.64	3868.41	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK	
	CN-17		0+141	0+226	85	DER	3869.72	3869.38	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0040	0.0207	0.4372	0.0199	OK	
	CN-18		0+145	0+227	82	IZQ	3869.70	3869.39	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0202	0.4261	0.0199	OK	
	CN-19		0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0038	0.0202	0.4261	0.0199	OK	
	CN-20		0+453	0+535	82	IZQ	3869.82	3869.50	0.12	0.50	4.17	0.012	0.0300	0.6342	0.0473	0.0039	0.0204	0.4317	0.0199	OK	
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0+174	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	0.10	0.50	5.26	0.012	0.0238	0.6039	0.0393	0.0030	0.0124	0.3162	0.0106	OK	
	CN-22		0+202	0+140	62	IZQ	3826.63	3826.45	0.10	0.50	5.26	0.012	0.0238	0.6039	0.0393	0.0030	0.0124	0.3162	0.0106	OK	
	CN-23		0+174	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.0106	OK	
	CN-24		0+173	0+115	58	IZQ	3826.10	3825.87	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.0106	OK	
	CN-25		0+176	0+116	60	DER	3826.20	3825.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0045	0.0141	0.3754	0.0106	OK	
	CN-26		0+175	0+115	60	IZQ	3826.23	3825.96	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0045	0.0141	0.3754	0.0106	OK	
	CN-27		0+154	0+097	57	DER	3827.15	3826.98	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.0106	OK	
	CN-28		0+153	0+096	57	IZQ	3827.10	3826.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.0106	OK	
	CN-29		0+202	0+141	61	DER	3827.00	3827.09	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0015	0.0081	0.2149	0.0106	ERROR	
	CN-30		0+201	0+140	61	IZQ	3827.00	3826.94	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0010	0.0068	0.1798	0.0106	ERROR	
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0+000	0+180	180	DER	3825.80	3827.00	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0067	0.0248	0.5856	0.0211	OK	
	CN-32		0+000	0+180	180	IZQ	3825.80	3827.00	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0067	0.0248	0.5856	0.0211	OK	
	CN-33		0+000	0+060	60	DER	3825.40	3825.70	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0050	0.0215	0.5072	0.0211	OK	
	CN-34		0+000	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.73	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0051	0.0217	0.5113	0.0211	OK	
	CN-35		0+000	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	0.10	0.60	6.00	0.012	0.0300	0.7083	0.0424	0.0040	0.0193	0.4556	0.0211	ERROR	
	CN-36		0+000	0+186	186	IZQ	3826.00	3826.62	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0033	0.0100	0.3211	0.0211	ERROR	
	CN-37		0+000	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0023	0.0083	0.2674	0.0211	ERROR	
	CN-38		0+000	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0024	0.0084	0.2700	0.0211	ERROR	
	CN-39		0+000	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	0.11	0.60	5.45	0.012	0.0330	0.7200	0.0458	0.0040	0.0223	0.4860	0.0211	OK	
	CN-40		0+000	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	0.11	0.60	5.45	0.012	0.0330	0.7200	0.0458	0.0040	0.0223	0.4860	0.0211	OK	
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO- JR. LUIS BANCHERO-JR GUAYAQUIL-JR. TITICACA- JR. SAN CAMILO-JR PATALIA	CN-41	CONCRETO	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0050	0.0203	0.4583	0.0177	OK	
	CN-42		0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0050	0.0203	0.4583	0.0177	OK	
	CN-43		0+000	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0045	0.0192	0.4348	0.0177	OK	
	CN-44		0+000	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0045	0.0192	0.4348	0.0177	OK	
	CN-45		0+000	0+080	40	DER	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0177	ERROR	
	CN-46		0+000	0+080	40	IZQ	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0177	ERROR	
	CN-47		0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0030	0.0136	0.3310	0.0177	ERROR	
	CN-48		0+040	0+070	30	IZQ	3826.65	3826.56	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0030	0.0136	0.3310	0.0177	ERROR	
	CN-49		0+000	0+055	55	DER	3826.30	3826.08	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0040	0.0181	0.4099	0.0177	OK	
	CN-50		0+000	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	0.11	0.50	4.55	0.012	0.0275	0.6220	0.0442	0.0040	0.0181	0.4099	0.0177	OK	

TABLA DE EVALUACION DE RESULTADOS DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA
DE CUNETAS CON DATOS DE CAMPO IN SITU - APLICANDO MANNING

CAUDAL EN CUNETAS TRIANGULARES, APLICANDO MANNING-CON DATOS REGISTRADOS IN SITU																				COMPORTAMIENTO HIDRAULICO													
REAL																				b=0.278 x C x I x A													
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS													Tension Tractiva Minima	Q met racional (caudal de aporte)	ANALISIS									
	COD	TIPO	DE	A	(m)		AGUAS		Tirante	Espejo de agua	Z	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Capacida d de caudal	Veloc	Tension Tract														
							ARRIBA.	ABAJO.												n	n				n	n	A	P	R	S	Q capax	V	T trac
AV.CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA-JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0+980	1+037	57	DER	3823.80	3823.60	0.05	1.00	20.00	0.012	0.0250	1.0512	0.0238	0.0035	0.0102	0.4077	0.0832	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-02		0+980	1+036	56	IZQ	3823.68	3823.48	0.05	1.00	20.00	0.012	0.0250	1.0512	0.0238	0.0036	0.0103	0.4330	0.0849	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-03		0+766	0+814	48	DER	3824.00	3823.82	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0037	0.0036	0.1931	0.0692	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-04		0+766	0+815	49	IZQ	3824.09	3823.90	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0039	0.0036	0.1963	0.0716	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-05		0+908	0+960	52	DER	3824.34	3824.14	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0038	0.0069	0.2597	0.1024	OK	0.0142	ERROR											
	CN-06		0+908	0+959	51	IZQ	3824.41	3824.22	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0037	0.0068	0.2556	0.0992	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-07		0+993	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0037	0.0087	0.2843	0.1127	OK	0.0142	ERROR											
	CN-08		0+990	1+046	56	IZQ	3824.84	3824.65	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0034	0.0083	0.2721	0.1033	OK	0.0142	ERROR											
	CN-09		0+993	1+050	57	DER	3825.09	3824.89	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0035	0.0066	0.2480	0.0934	ERROR	0.0142	ERROR											
	CN-10		0+993	1+051	58	IZQ	3825.21	3825.02	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0033	0.0064	0.2396	0.0872	ERROR	0.0142	ERROR											
AV. ABANCAY- AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0+520	0+600	80	DER	3869.70	3870.00	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0038	0.0051	0.2256	0.0848	ERROR	0.0199	ERROR											
	CN-12		0+520	0+600	80	IZQ	3869.68	3870.00	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0199	ERROR											
	CN-13		0+525	0+575	50	DER	3868.60	3868.80	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0040	0.0070	0.2648	0.1065	OK	0.0199	ERROR											
	CN-14		0+525	0+586	61	IZQ	3868.59	3868.83	0.06	0.50	8.33	0.012	0.0150	0.5636	0.0266	0.0039	0.0070	0.2626	0.1047	OK	0.0199	ERROR											
	CN-15		0+450	0+508	58	DER	3868.65	3868.42	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0040	0.0133	0.3539	0.1505	OK	0.0199	ERROR											
	CN-16		0+451	0+509	58	IZQ	3868.64	3868.41	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0040	0.0133	0.3539	0.1505	OK	0.0199	ERROR											
	CN-17		0+141	0+226	85	DER	3869.72	3869.38	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0199	ERROR											
	CN-18		0+145	0+227	82	IZQ	3869.70	3869.39	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0038	0.0108	0.3168	0.1296	OK	0.0199	ERROR											
	CN-19		0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0038	0.0088	0.2879	0.1157	OK	0.0199	ERROR											
	CN-20		0+453	0+535	82	IZQ	3869.82	3869.50	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0039	0.0089	0.2917	0.1187	OK	0.0199	ERROR											
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0+174	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0077	0.2538	0.0899	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-22		0+202	0+140	62	IZQ	3826.63	3826.45	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0030	0.0045	0.2001	0.0688	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-23		0+174	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-24		0+173	0+115	58	IZQ	3826.10	3825.87	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0040	0.0053	0.2329	0.0905	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-25		0+176	0+116	60	DER	3826.20	3825.93	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0045	0.0039	0.2115	0.0831	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-26		0+175	0+115	60	IZQ	3826.23	3825.96	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0045	0.0039	0.2115	0.0831	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-27		0+154	0+097	57	DER	3827.15	3826.98	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.1129	OK	0.0106	OK											
	CN-28		0+153	0+096	57	IZQ	3827.10	3826.93	0.09	0.50	5.56	0.012	0.0225	0.5980	0.0376	0.0030	0.0115	0.3065	0.1129	OK	0.0106	OK											
	CN-29		0+202	0+141	61	DER	3827.00	3827.09	0.01	0.50	50.00	0.012	0.0025	0.5101	0.0049	0.0015	0.0002	0.0471	0.0072	ERROR	0.0106	ERROR											
	CN-30		0+201	0+140	61	IZQ	3827.00	3826.94	0.02	0.50	25.00	0.012	0.0050	0.5204	0.0096	0.0010	0.0006	0.0630	0.0099	ERROR	0.0106	ERROR											
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0+000	0+180	180	DER	3825.80	3827.00	0.03	0.60	20.00	0.012	0.0090	0.6307	0.0143	0.0067	0.0036	0.2525	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-32		0+000	0+180	180	IZQ	3825.80	3827.00	0.03	0.60	20.00	0.012	0.0090	0.6307	0.0143	0.0067	0.0036	0.2525	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-33		0+000	0+060	60	DER	3825.40	3825.70	0.04	0.60	15.00	0.012	0.0120	0.6413	0.0187	0.0050	0.0050	0.2664	0.0936	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-34		0+000	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.73	0.04	0.60	15.00	0.012	0.0120	0.6413	0.0187	0.0051	0.0050	0.2685	0.0951	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-35		0+000	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0040	0.0110	0.3533	0.1257	OK	0.0211	ERROR											
	CN-36		0+000	0+186	186	IZQ	3826.00	3826.62	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0033	0.0100	0.3211	0.1038	OK	0.0211	ERROR											
	CN-37		0+000	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0023	0.0083	0.2674	0.0720	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-38		0+000	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	0.07	0.60	8.57	0.012	0.0210	0.6741	0.0312	0.0024	0.0084	0.2700	0.0734	ERROR	0.0211	ERROR											
	CN-39		0+000	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	0.08	0.60	7.50	0.012	0.0240	0.6853	0.0350	0.0040	0.0135	0.3866	0.1401	OK	0.0211	ERROR											
	CN-40		0+000	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	0.08	0.60	7.50	0.012	0.0240	0.6853	0.0350	0.0040	0.0135	0.3866	0.1401	OK	0.0211	ERROR											
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO-JR. GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR. PATALLA	CN-41	CONCRETO	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	0.05	0.50	10.00	0.012	0.0125	0.5525	0.0226	0.0050	0.0059	0.2604	0.1131	OK	0.0177	ERROR											
	CN-42		0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	0.04	0.50	12.50	0.012	0.0100	0.5416	0.0185	0.0050	0.0041	0.2230	0.0923	ERROR	0.0177	ERROR											
	CN-43		0+000	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0045	0.0085	0.3133	0.1370	OK	0.0177	ERROR											
	CN-44		0+000	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0045	0.0085	0.3133	0.1370	OK	0.0177	ERROR											
	CN-45		0+000	0+080	40	DER	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0615	ERROR	0.0177	ERROR											
	CN-46		0+000	0+080	40	IZQ	3826.33	3826.39	0.10	0.50	5.00	0.012	0.0250	0.6099	0.0410	0.0015	0.0096	0.2340	0.0615	ERROR	0.0177	ERROR											
	CN-47		0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0078	0.2558	0.0913	ERROR	0.0177	ERROR											
	CN-48		0+040	0+070	30	IZQ	3826.65	3826.56	0.07	0.50	7.14	0.012	0.0175	0.5749	0.0304	0.0030	0.0078	0.2558	0.0913	ERROR	0.0177	ERROR											
	CN-49		0+000	0+055	55	DER	3826.30	3826.08	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0177	ERROR											
	CN-50		0+000	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	0.08	0.50	6.25	0.012	0.0200	0.5864	0.0341	0.0040	0.0111	0.3251	0.1364	OK	0.0177	ERROR											



TABLA DE EVALUACION DE DISEÑO CON RESULTADOS DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA DE ALCANTARILLAS - APLICANDO MANNING

-ALCANTARILLAS RECTANGULARES

DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR																			Tension Tractiva Minima
UBICACIÓN	ALCANTARILLA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	b	Espejo de agua	Coef. Rug manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	
						y	T	n		A	P	R	S(±0.5%)	Q diseño	V(0.60m/s - 5.0m/s)	T trac			
						ARRIBA.	ABAJO.		m	m	m	m2	m	m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2	
AV.CIRCUNVALACION- ENTRE AV.TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	0+920	0+930	10	3822.50	3822.48	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0020	3.0621	2.0414	0.8108	OK
	ALC-02	CONCRETO	1+204	1+214	10	3821.70	3821.68	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0020	3.0621	2.0414	0.8108	OK
AV.TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	1+207	1+192	15	3822.00	3821.95	1.05	1.2	1.2	0.012	1.26	3.3	0.3818	0.0032	3.1261	2.4810	1.2218	OK
	ALC-06	CONCRETO	1+507	1+492	15	3822.08	3822.03	1.05	1.2	1.2	0.012	1.26	3.3	0.3818	0.0032	3.1261	2.4810	1.2218	OK
AV.FERROCARRIL- AV.MANCO CAPAC JR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	0+715	0+700	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0015	2.6518	1.7679	0.6081	OK
	ALC-08	CONCRETO	0+835	0+820	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2	1.2	0.012	1.5	3.7	0.4054	0.0015	2.6518	1.7679	0.6081	OK

- ALCANTARILLAS DE SECCION CIRCULAR (TMC).

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR																		Tension Tractiva Minima	
UBICACIÓN	ALCANTARILLA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	r=D/2	Espejo de agua	Coef. Rug manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau	Pendiente	Caudal	Veloc		Tension Tract
								y		T	n	A	P	R	S(±0.5%)	Q diseño	V(0.60m/s - 6.0m/s)	T trac	
								ARRIBA.		ABAJO.		m	m	m	m2	m	m	m/m	m3/s
AV.TACNA-AV.PERU	ALC-03	PROVISIONAL	1+538	1+548	10	3820.27	3820.255	0.915	0.61	1.0566	0.009	0.94	2.56	0.3681		0.0015	2.0785	2.2103	0.5521
SIDA CUSCO-LAY	ALC-04	PROVISIONAL	2+005	2+015	10	3815.39	3815.38	0.915	0.61	1.0566	0.009	0.94	2.56	0.3681	0.0010	1.6971	1.8047	0.3681	OK



TABLA DE RESULTADOS DEL NIVEL DE EFICIENCIA HIDRAULICA DE LAS ALCANTARILLAS CON DATOS TOMADOS EN CAMPO IN SITU- APLICANDO LA ECUACION DE MANNING

-ALCANTARILLAS DE SECCION RECTANGULARES

DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR-REGISTRADO IN SITU																		COMPORTAMIENTO HIDRAULICO																	
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											Tension Tractiva Minima	Caudal	EFICIENCIA HIDRAULICA														
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS	tirante	b	Espejo de agua	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	T trac min= 0.102 kg/m2			Q diseño	E = $\frac{Q_{real}}{Q_{diseño}} \times 100$	ESTADO												
							y																	T	n	A	P	R	S (±0.5%)	Q real	V min ≈0.60 m/s	T trac	T trac min= 0.102 kg/m2	Q diseño	
							ARRIBA.																	ABAJO.	n	n	n	m2	m	m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2	n3/s
AV OROUVALUACION - ENTRE AV. TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	0+920	0+930	10	3822.500	3822.480	0.05	1.2	1.2	0.015	0.060	1.30	0.046	0.0020	0.0230	0.3836	0.0923	ERROR	3.06209	0.75%	MALO/CRITICO													
	ALC-02	CONCRETO	1+204	1+214	10	3821.700	3821.680	0.05	1.2	1.2	0.012	0.060	1.30	0.046	0.0020	0.0288	0.4795	0.0923	ERROR	3.06209058	0.94%	MALO/CRITICO													
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLDONESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	1+207	1+219	15	3821.986	3821.948	0.1	1.2	1.2	0.012	0.120	1.40	0.086	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	3.12609	3.52%	MALO/CRITICO													
	ALC-06	CONCRETO	1+507	1+519	15	3822.076	3822.028	0.1	1.2	1.2	0.012	0.120	1.40	0.086	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	3.12609394	3.52%	MALO/CRITICO													
AV. FERROCARRIL - AV. MANCO OPAK-IR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	0+715	0+724	15	3823.888	3823.876	0.07	1.2	1.2	0.012	0.084	1.34	0.063	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	2.65184824	1.61%	MALO/CRITICO													
	ALC-08	CONCRETO	0+835	0+844	15	3823.888	3823.876	0.07	1.2	1.2	0.012	0.084	1.34	0.063	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	2.65184824	1.61%	MALO/CRITICO													

- ALCANTARILLAS DE SECCION CIRCULAR (TMC)

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR-REGISTRADO IN SITU																		COMPORTAMIENTO HIDRAULICO				
UBICACIÓN	CUNET	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	COTAS		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS														
	COD	TIPO	DE	A	(m)	AGUAS		tirante	r=D/2	Espejo de agua	Coef. Rug Manning	Area	Perim. Mojado	Radio Hidrau.	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	Tension Tractiva Minima	Caudal	EFICIENCIA HIDRAULICA	
						y	T	n		A	P	R	S(≥0.5%)	Q real	V(0.60m/s - 5.0m/s)	T trac	T trac min= 0.102 kg/m2	Q diseño	$E = \frac{Q_{real}}{Q_{diseño}} \times 100$	ESTADO		
						ARRIBA.	ABAJO.	m		m	m	m2	m	m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2			m3/s	
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	PROVISIONAL	1+538	1+548	10	3820.270	3820.240	0.2	0.61	0.9033	0.009	0.125	1.0171	0.123	0.0030	0.1880	1.5044	0.0980	ERROR	2.0785459	9.05%	MALO/CRITICO
SIDAUSCO-LAY	ALC-04	PROVISIONAL	2+005	2+015	10	3815.390	3815.340	0.3	0.61	1.0507	0.009	0.2233	1.266	0.176	0.0050	0.5518	2.4712	0.0930	ERROR	1.69712562	32.51%	MALO/CRITICO

TABLA DE RESULTADOS FACTORES DE DEFICIENCIA , CONSTRUCCION
Y MANTENIMIENTO DE CUNETAS

DISEÑO CUNETA TRIANGULAR											FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO						
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						DEFICIENCIAS DE DISEÑO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION			DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO		
	COD	TIPO			Tirante	Espejo de agua	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract		PENDIENTE : S ≥ 0.5	GRIETAS	DESGASTE ABRASION	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	ESTADO GLOBAL
					Y	T	S	Q	V	T trac							
					m	m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2							
AV CIRCUNVALACION- ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	57	DER	0.05	1.00	0.0035	0.3500	0.0102	0.4077	0.0832	Estancamiento	leve	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-02		56	IZQ	0.05	1.00	0.0036	0.3571	0.0103	0.4330	0.0849	Estancamiento	severo	MALO	25%	25%	MALA
	CN-03		48	DER	0.04	0.50	0.0037	0.3750	0.0036	0.1931	0.0692	Estancamiento	leve	BUENO	0%	75%	REGULAR
	CN-04		49	IZQ	0.04	0.50	0.0039	0.3878	0.0036	0.1963	0.0716	Estancamiento	leve	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-05		52	DER	0.06	0.50	0.0038	0.3846	0.0069	0.2597	0.1024	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-06		51	IZQ	0.06	0.50	0.0037	0.3725	0.0068	0.2556	0.0992	Estancamiento	moderado	BUENO	25%	0%	MALA
	CN-07		54	DER	0.07	0.50	0.0037	0.3704	0.0087	0.2843	0.1127	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-08		56	IZQ	0.07	0.50	0.0034	0.3393	0.0083	0.2721	0.1033	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-09		57	DER	0.06	0.50	0.0035	0.3509	0.0066	0.2480	0.0934	Estancamiento	leve	MALOO	25%	75%	REGULAR
	CN-10		58	IZQ	0.06	0.50	0.0033	0.3276	0.0064	0.2396	0.0872	Estancamiento	leve	BUENO	25%	0%	MALA
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	80	DER	0.05	0.50	0.0038	0.3750	0.0051	0.2256	0.0848	Estancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-12		80	IZQ	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	MALO	0%	50%	MALA
	CN-13		50	DER	0.06	0.50	0.0040	0.4000	0.0070	0.2648	0.1065	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-14		61	IZQ	0.06	0.50	0.0039	0.3934	0.0070	0.2626	0.1047	Estancamiento	leve	BUENO	25%	50%	REGULAR
	CN-15		58	DER	0.09	0.50	0.0040	0.4000	0.0133	0.3539	0.1505	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-16		58	IZQ	0.09	0.50	0.0040	0.4000	0.0133	0.3539	0.1505	Estancamiento	moderado	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-17		85	DER	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	moderado	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-18		82	IZQ	0.08	0.50	0.0038	0.3800	0.0108	0.3168	0.1296	Estancamiento	moderado	MALO	0%	50%	MALA
	CN-19		85	DER	0.07	0.50	0.0038	0.3800	0.0088	0.2879	0.1157	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-20		82	IZQ	0.07	0.50	0.0039	0.3900	0.0089	0.2917	0.1187	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES- JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	62	DER	0.07	0.50	0.0030	0.2952	0.0077	0.2538	0.0899	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-22		62	IZQ	0.05	0.50	0.0030	0.2952	0.0045	0.2001	0.0668	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-23		58	DER	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-24		58	IZQ	0.05	0.50	0.0040	0.4000	0.0053	0.2329	0.0905	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	CN-25		60	DER	0.04	0.50	0.0045	0.4500	0.0039	0.2115	0.0831	Estancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-26		60	IZQ	0.04	0.50	0.0045	0.4500	0.0039	0.2115	0.0831	Estancamiento	severo	MALO	25%	50%	REGULAR
	CN-27		57	DER	0.09	0.50	0.0030	0.3000	0.0115	0.3065	0.1129	Estancamiento	severo	MALO	75%	50%	BUENA
	CN-28		57	IZQ	0.09	0.50	0.0030	0.3000	0.0115	0.3065	0.1129	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-29		61	DER	0.01	0.50	0.0015	0.1475	0.0002	0.0471	0.0072	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-30		61	IZQ	0.02	0.50	0.0010	0.1033	0.0006	0.0630	0.0099	Estancamiento	leve	BUENO	0%	50%	MALA
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	180	DER	0.03	0.60	0.0067	0.6667	0.0036	0.2525	0.0951	bueno	severo	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-32		180	IZQ	0.03	0.60	0.0067	0.6667	0.0036	0.2525	0.0951	bueno	moderado	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-33		60	DER	0.04	0.60	0.0050	0.5000	0.0050	0.2664	0.0936	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-34		61	IZQ	0.04	0.60	0.0051	0.5082	0.0050	0.2685	0.0951	bueno	moderado	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-35		189	DER	0.07	0.60	0.0040	0.4035	0.0110	0.3533	0.1257	Estancamiento	severo	MALO	0%	50%	MALA
	CN-36		186	IZQ	0.07	0.60	0.0033	0.3333	0.0100	0.3211	0.1038	Estancamiento	severo	BUENO	25%	25%	MALA
	CN-37		173	DER	0.07	0.60	0.0023	0.2312	0.0083	0.2674	0.0720	Estancamiento	severo	MALO	25%	25%	MALA
	CN-38		174	IZQ	0.07	0.60	0.0024	0.2356	0.0084	0.2700	0.0734	Estancamiento	severo	MALO	0%	25%	MALA
	CN-39		172	DER	0.08	0.60	0.0040	0.4000	0.0135	0.3866	0.1401	Estancamiento	severo	MALO	25%	0%	MALA
	CN-40		172	IZQ	0.08	0.60	0.0040	0.4000	0.0135	0.3866	0.1401	Estancamiento	moderado	BUENO	0%	50%	MALA
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO- JR. LUIS BANCHERO-JR. GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR PATALIA	CN-41	CONCRETO	25	DER	0.05	0.50	0.0050	0.5000	0.0059	0.2604	0.1131	bueno	moderado	BUENO	0%	50%	MALA
	CN-42		25	IZQ	0.04	0.50	0.0050	0.5000	0.0041	0.2230	0.0923	bueno	moderado	BUENO	50%	0%	MALA
	CN-43		40	DER	0.07	0.50	0.0045	0.4500	0.0095	0.3133	0.1370	Estancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-44		40	IZQ	0.07	0.50	0.0045	0.4500	0.0095	0.3133	0.1370	Estancamiento	leve	BUENO	75%	75%	BUENA
	CN-45		40	DER	0.10	0.50	0.0015	0.1500	0.0096	0.2340	0.0615	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-46		40	IZQ	0.10	0.50	0.0015	0.1500	0.0096	0.2340	0.0615	Estancamiento	moderado	BUENO	50%	25%	REGULAR
	CN-47		30	DER	0.07	0.50	0.0030	0.3000	0.0078	0.2558	0.0913	Estancamiento	leve	BUENO	75%	50%	BUENA
	CN-48		30	IZQ	0.07	0.50	0.0030	0.3000	0.0078	0.2558	0.0913	Estancamiento	leve	BUENO	50%	75%	BUENA
	CN-49		55	DER	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	severo	MALO	50%	50%	REGULAR
	CN-50		55	IZQ	0.08	0.50	0.0040	0.4000	0.0111	0.3251	0.1364	Estancamiento	severo	MALO	25%	50%	REGULAR



TABLA DE RESULTADOS FACTORES DE DEFICIENCIA, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLAS.

- ALCANTARILLAS RECTANGULARES (CONCRETO)

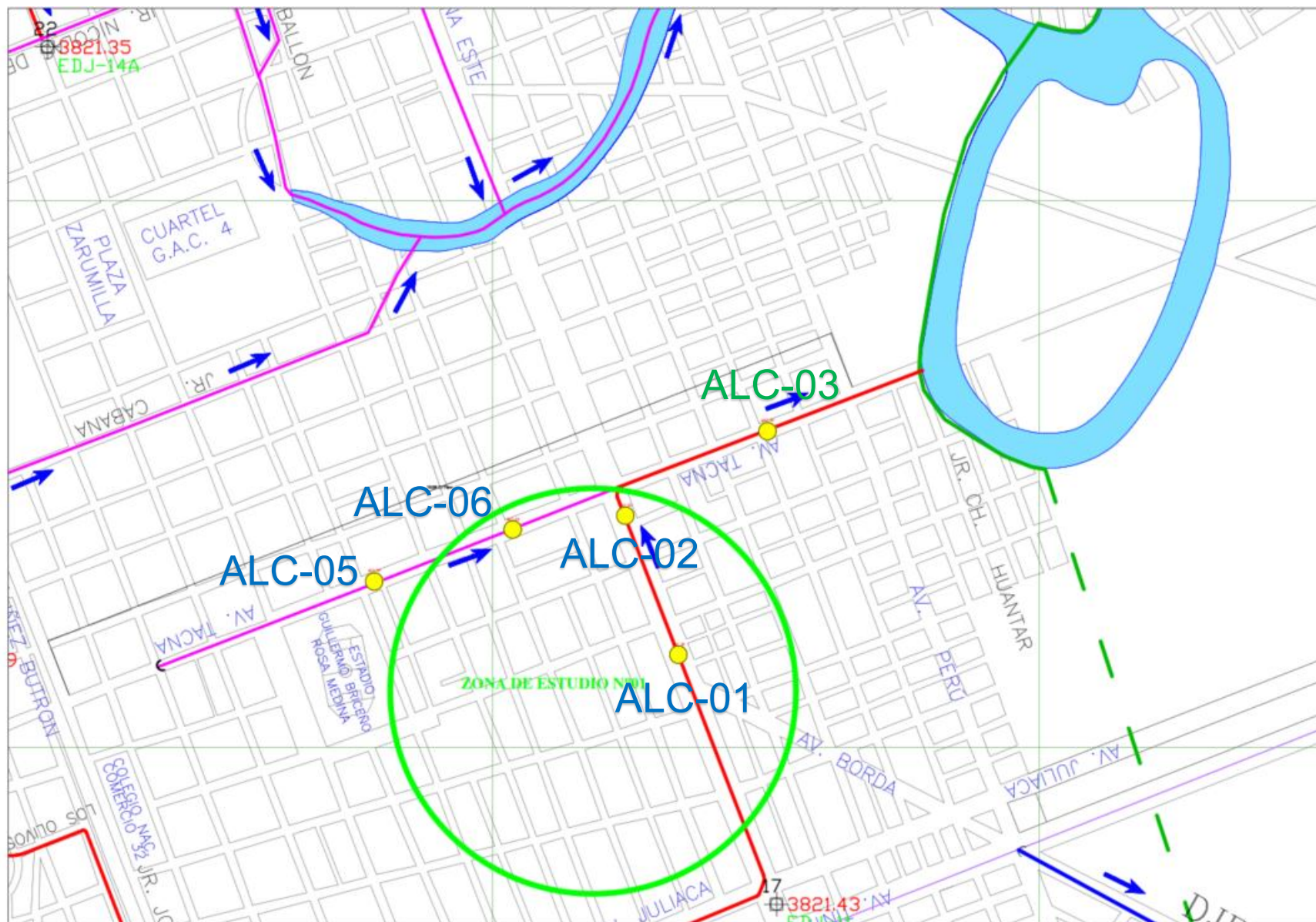
DISEÑO ALCANTARILLA RECTANGULAR											FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO						
UBICACIÓN	CUNETAS	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS						DEFICIENCIAS DE DISEÑO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION			DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO		
	COD	TIPO			Tirante	b	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract		PENDIENTE : S ≥ 0.5	GRIETAS leve<1.0mm / moderada 1.0-3.0mm / severa>3.0mm	DESGASTE ABRASION Bueno: Superficie lisa / Malo: Agregados expuestos/sueltos	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	ESTADO GLOBAL
			Y		S		Q	V	T trac								
			(m)		m		m	m/m	m3/s	m/s	kg/m2						
AV.CIRCUNVALACION- ENTRE AV. TACNA- FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	10.00		0.05	1.20	0.0020	0.0230	0.3836	0.0923	ERROR	Estancamiento	Leve	MALO	0%	0%	MALA
	ALC-02	CONCRETO	10.00		0.05	1.20	0.0020	0.0288	0.4795	0.0923	ERROR	Estancamiento	leve	MALO	0%	0%	MALA
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	15.00		0.10	1.20	0.0020	0.0869	0.7245	0.1714	OK	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
	ALC-06	CONCRETO	15.00		0.10	1.20	0.0032	0.1100	0.9164	0.2743	OK	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC- JR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	15.00		0.07	1.20	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	Estancamiento	leve	MALO	25%	25%	MALA
	ALC-08	CONCRETO	15.00		0.07	1.20	0.0015	0.0428	0.5093	0.0940	ERROR	Estancamiento	leve	BUENO	50%	50%	REGULAR

- ALCANTARILLAS CIRCULARES (TMC)

DISEÑO ALCANTARILLA CIRCULAR											FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO HIDRAULICO					
UBICACIÓN	CUNETAS	SECCION	LONGITUD	LADO	CARACTERISTICAS HIDRAULICAS											
	COD	TIPO			Tirante	r=D/2	Pendiente	Caudal	Veloc	Tension Tract	DEFICIENCIAS DE DISEÑO	DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION		DEFICIENCIAS DE MANTENIMIENTO		
			Y		S		Q	V	T trac	PENDIENTE : S ≥ 0.5	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	ESTADO GLOBAL			
			m		m		m/m	m3/s	m/s					kg/m2	T trac min= 0.102 kg/cm2	
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	PROVISIONAL	10.00		0.2	0.61	0.0030	0.1880	1.5044	0.0980	ERROR	Estancamiento		0%	0%	MALA
SIDA CUSCO-LAY	ALC-04	PROVISIONAL	10.00		0.3	0.61	0.0045	0.5518	2.4712	0.0930	ERROR	Estancamiento		0%	0%	MALA

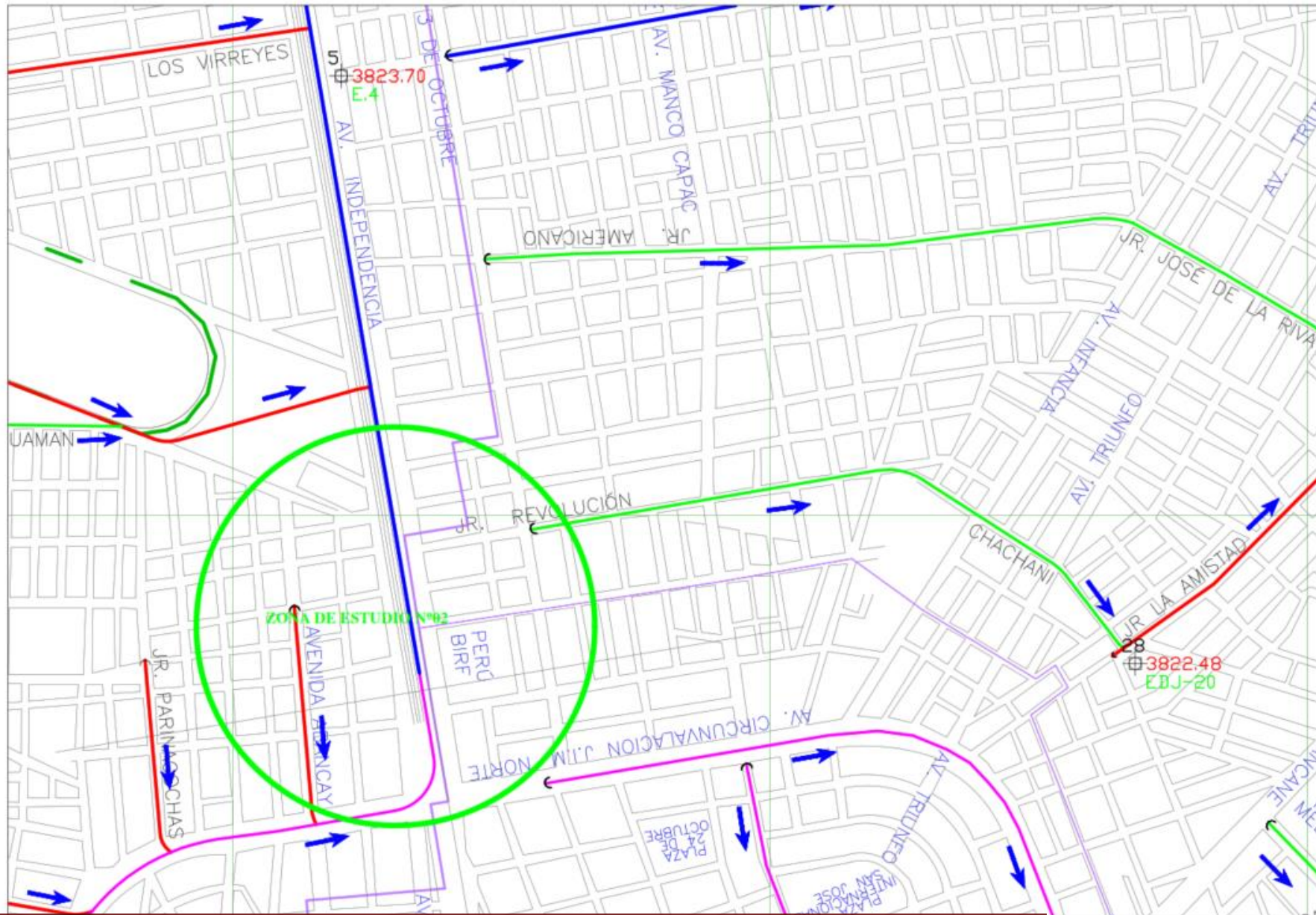


ZONA DE ESTUDIO Nº01



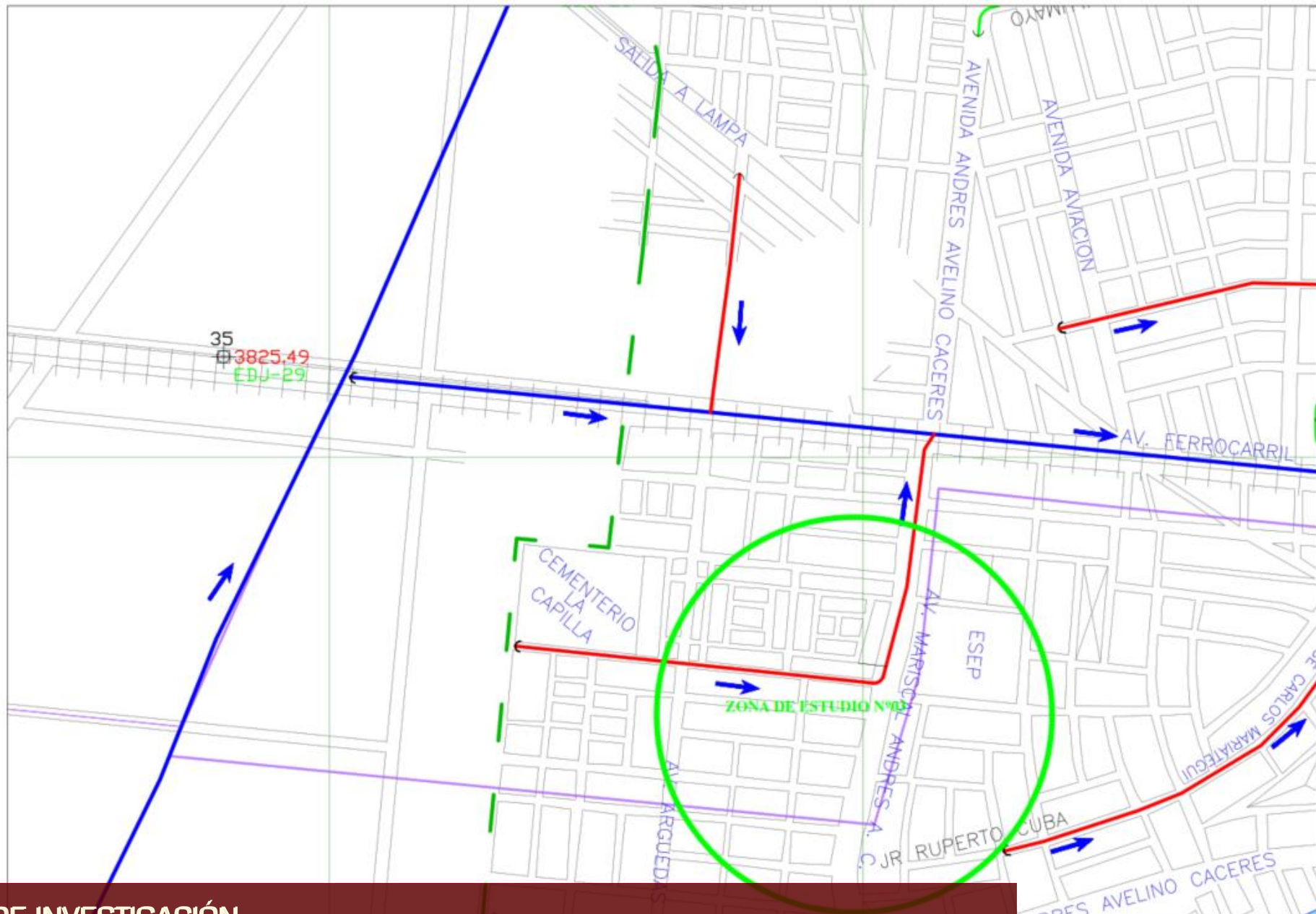


ZONA DE ESTUDIO N°02



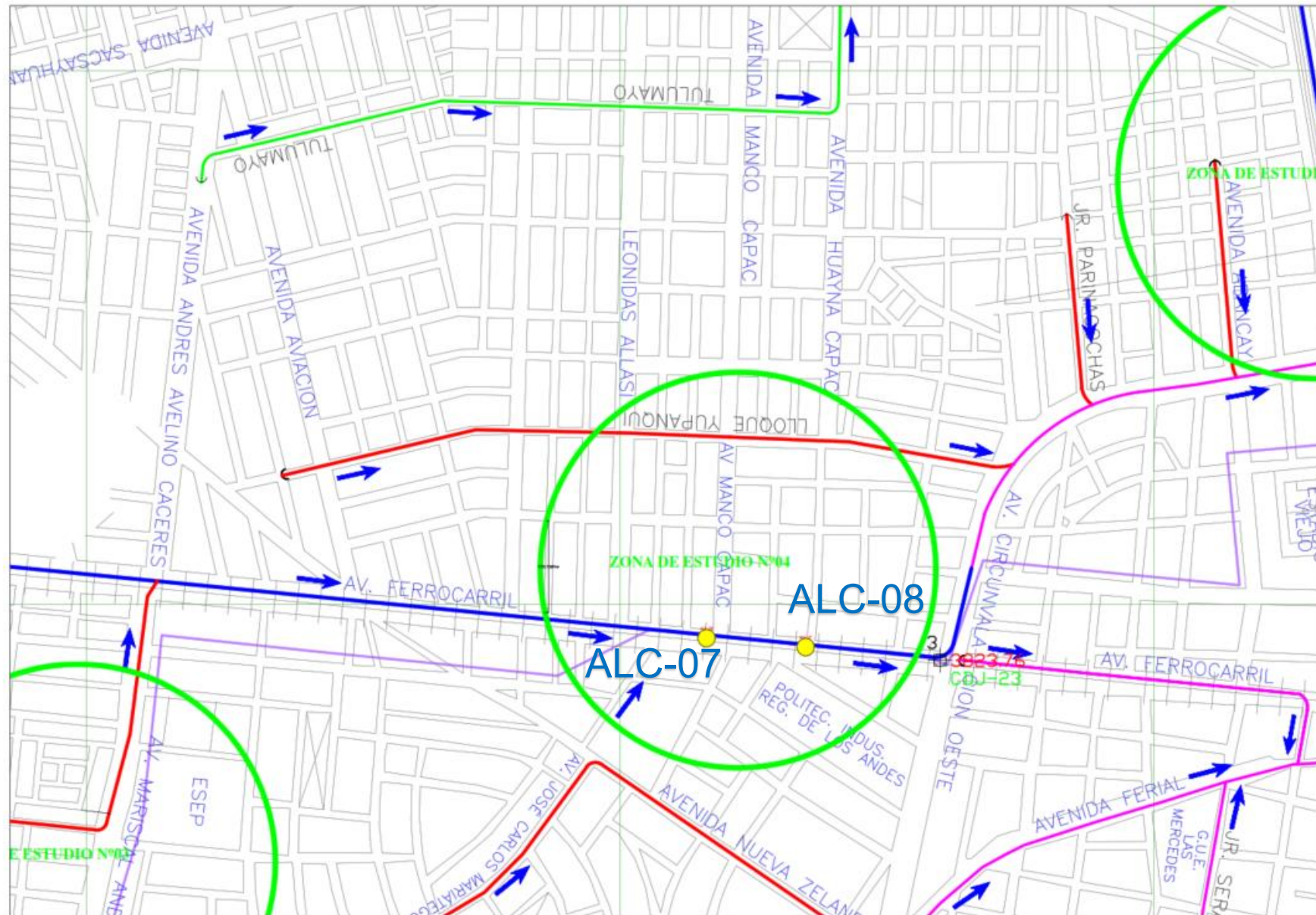


ZONA DE ESTUDIO N°03





ZONA DE ESTUDIO N°04





The map shows the urban layout of Juliaca, Peru, with a grid of streets. Major roads include Avenida Nueva Zelanda, Avenida Ferial, and Avenida Héroes de la Guerra. The study zone (Zona de Estudio N°05) is highlighted in green and is located in the lower-left quadrant of the map. The study area (Zona de Estudio N°05) is also highlighted in green and is located in the lower-right quadrant of the map. The map includes various labels for streets and landmarks, such as 'Cementerio General de Juliaca' and 'Iglesia Santa Catalina'. The map is overlaid with a grid and includes various labels for streets and landmarks.

Anexo 5

PANEL FOTOGRAFICO

ZONA DE ESTUDIO N°01: AV CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA- JR. CABANILLAS



Fotografía 1.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



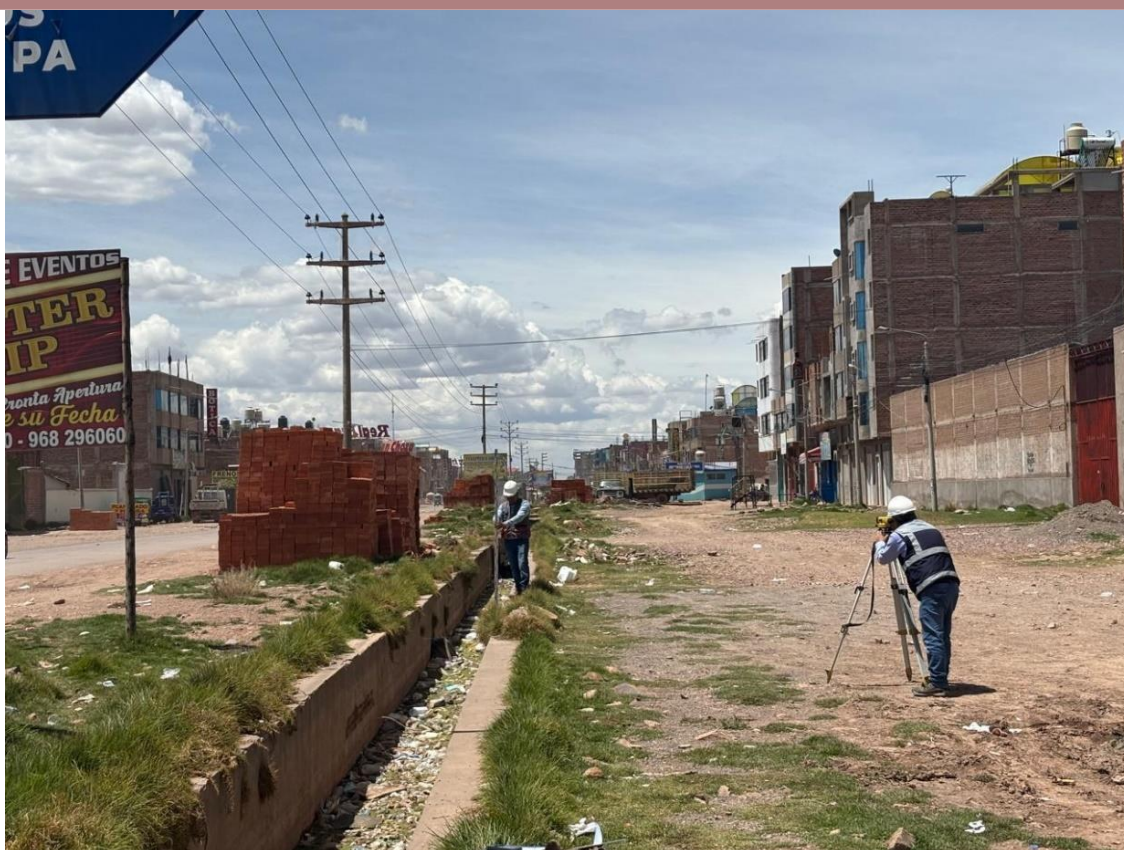
Fotografía 2.- Levantamiento alimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo analizado.



Fotografía 3.-Toma de datos geométricos en campo de las alcantarillas existentes, considerando dimensiones internas y estado físico de conservación y mantenimiento de la estructura.



Fotografía 4.-Registro de la ubicación precisa de las alcantarillas mediante equipos GPS, para su correcta identificación y representación cartográfica.



Fotografía 5.-Levantamiento altimétrico de las alcantarillas de sección rectangular, orientado a la evaluación de cotas, pendientes y condiciones hidráulicas de operación.



Fotografía 6.-Comprobación in situ de las dimensiones reales de las cunetas de concreto,) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.

ZONA DE ESTUDIO N°02: AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE



Fotografía 1.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo analizado.



Fotografía 2.- Evaluación en campo del daño en la pavimentación causado por el desborde de las cunetas durante eventos de lluvia.



Fotografía 3.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 4.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 5.- Levantamiento altimétrico de las alcantarillas, orientado a la evaluación de cotas, pendientes y condiciones hidráulicas de operación-



Fotografía 6.- Toma de datos geométricos en campo de las alcantarillas existentes (TMC), considerando dimensiones internas y estado físico de la estructura.



Fotografía 7.- Levantamiento altimétrico de las alcantarillas de sección Circular (TMC), orientado a la evaluación de cotas, pendientes y condiciones hidráulicas de operación.

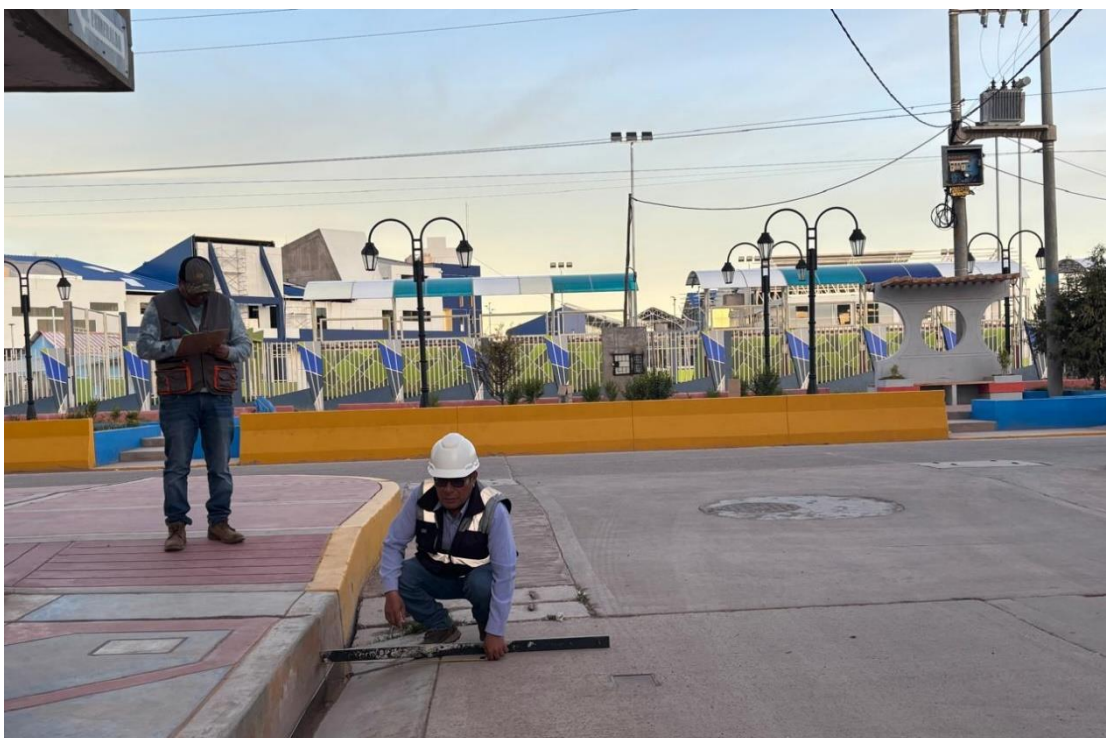


Fotografía 8.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo analizado.

ZONA DE ESTUDIO Nº03: AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES,ETC



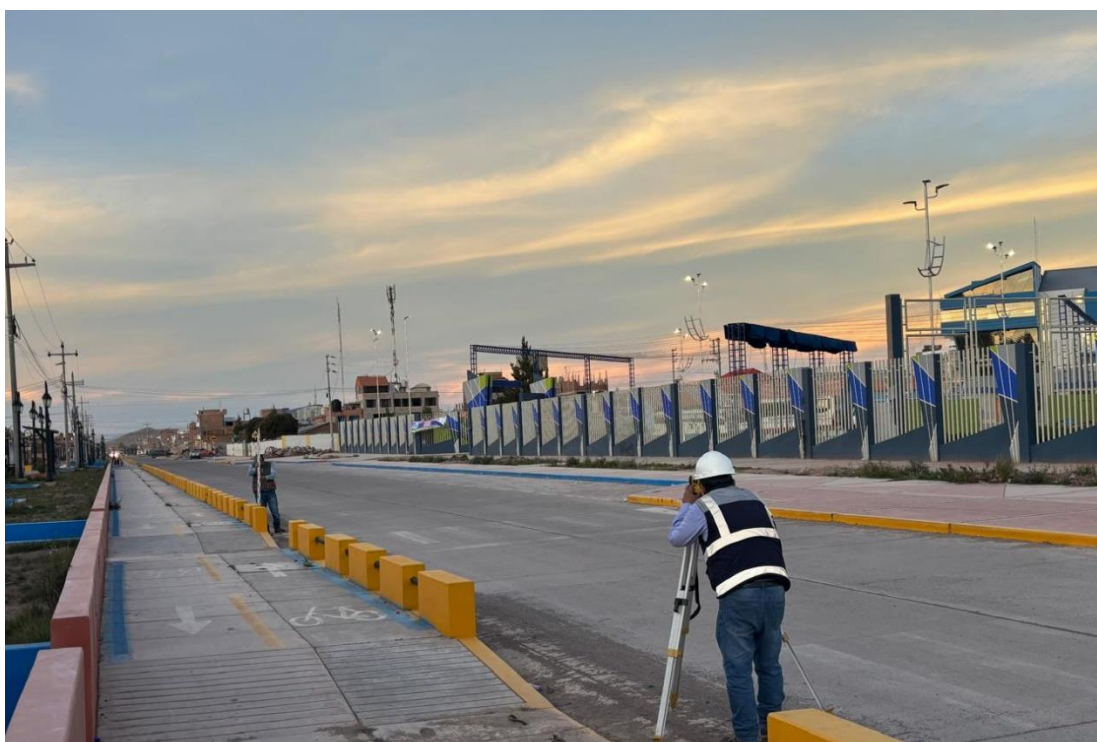
Fotografía 1.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 2.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



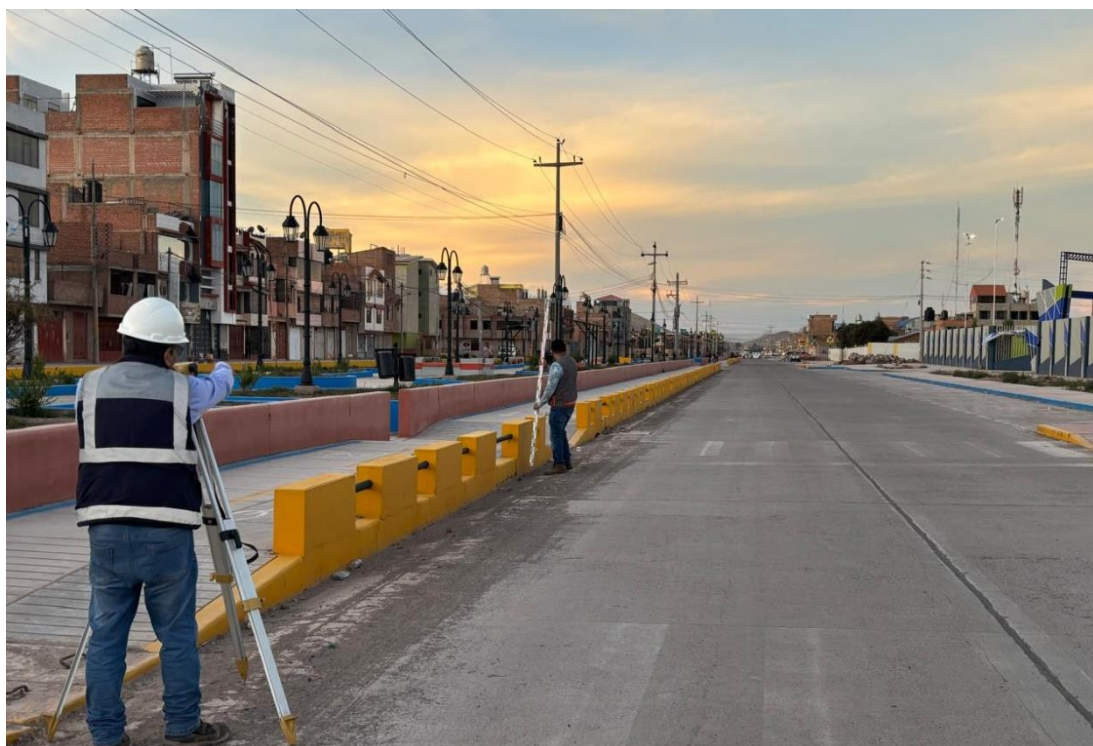
Fotografía 3.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



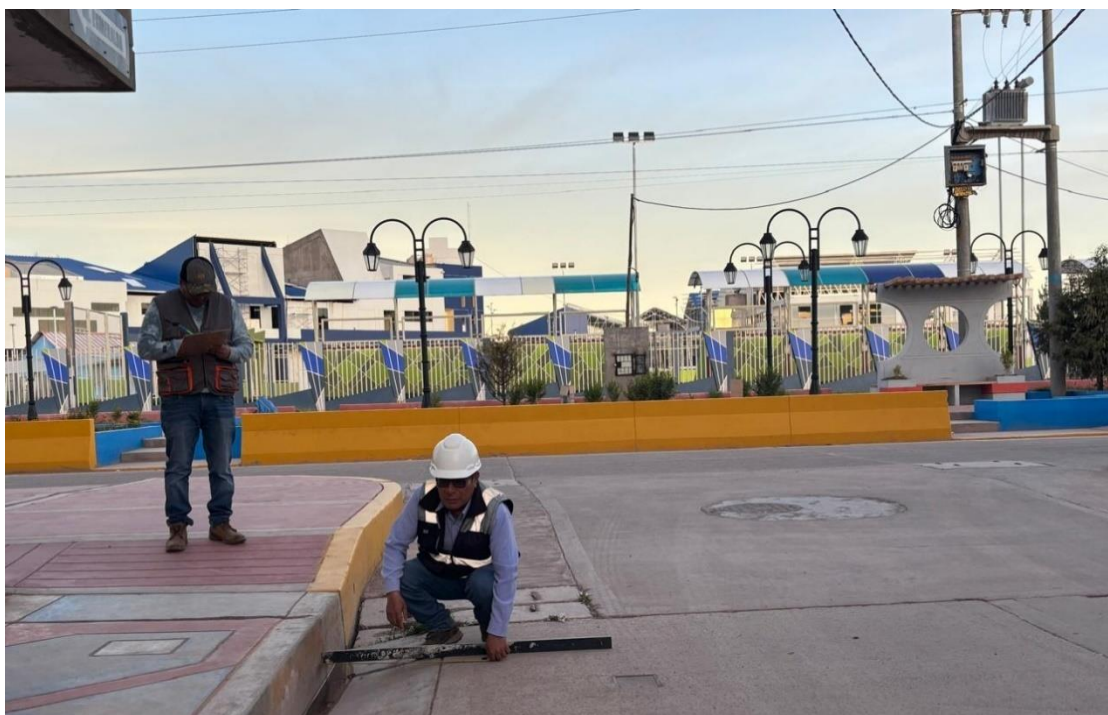
Fotografía 4.- Levantamiento alimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



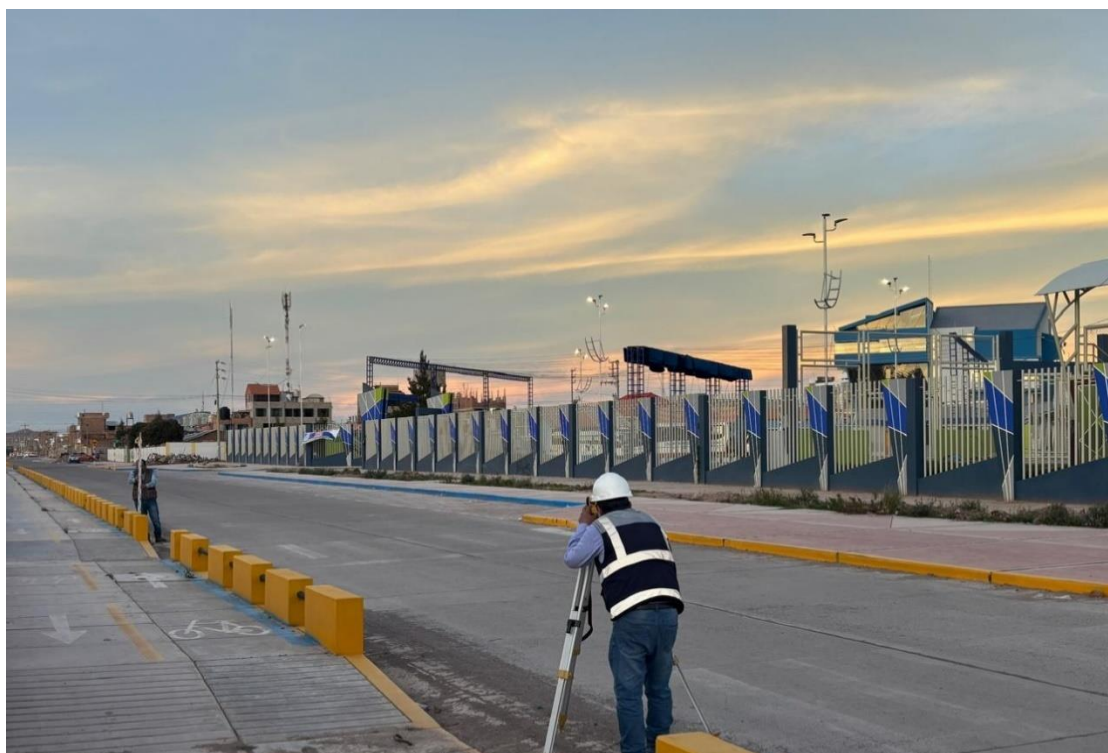
Fotografía 5.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 6.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



Fotografía 7.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta



Fotografía 8.- Levantamiento alimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.

ZONA DE ESTUDIO N°04: AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA



Fotografía 1.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 2.- Verificación en campo de elementos de concreto que reducen la sección hidráulica y afectan la conducción del flujo pluvial en la cuneta.



Fotografía 3.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



Fotografía 4.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



Fotografía 5.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la alcantarilla.



Fotografía 6.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 7.- Levantamiento alimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.

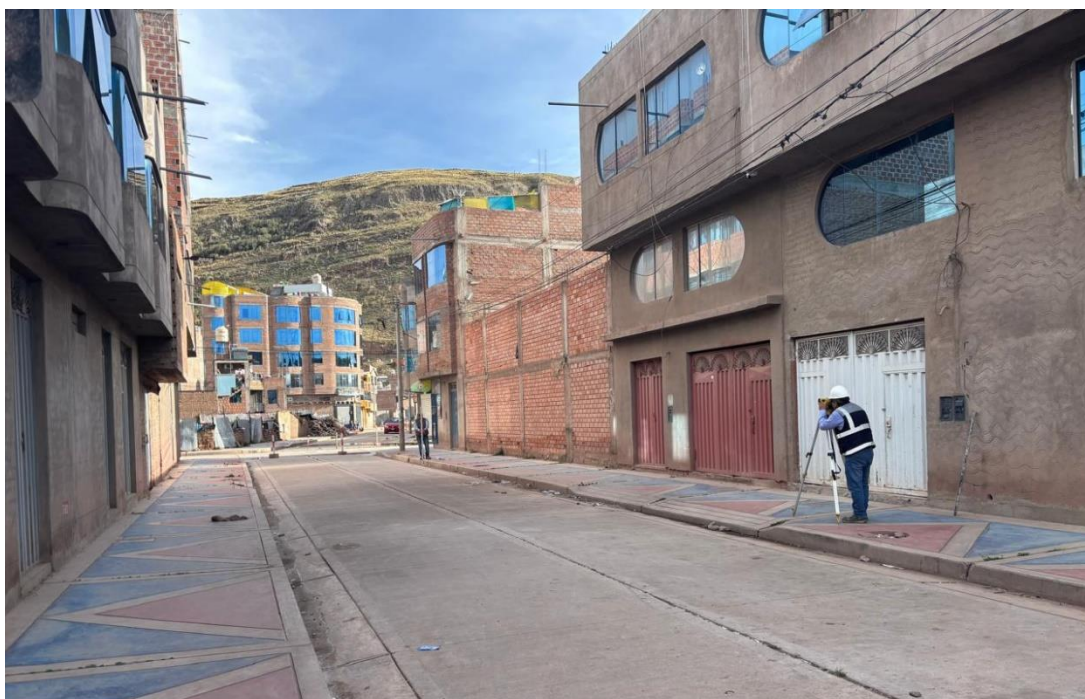


Fotografía 8.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.

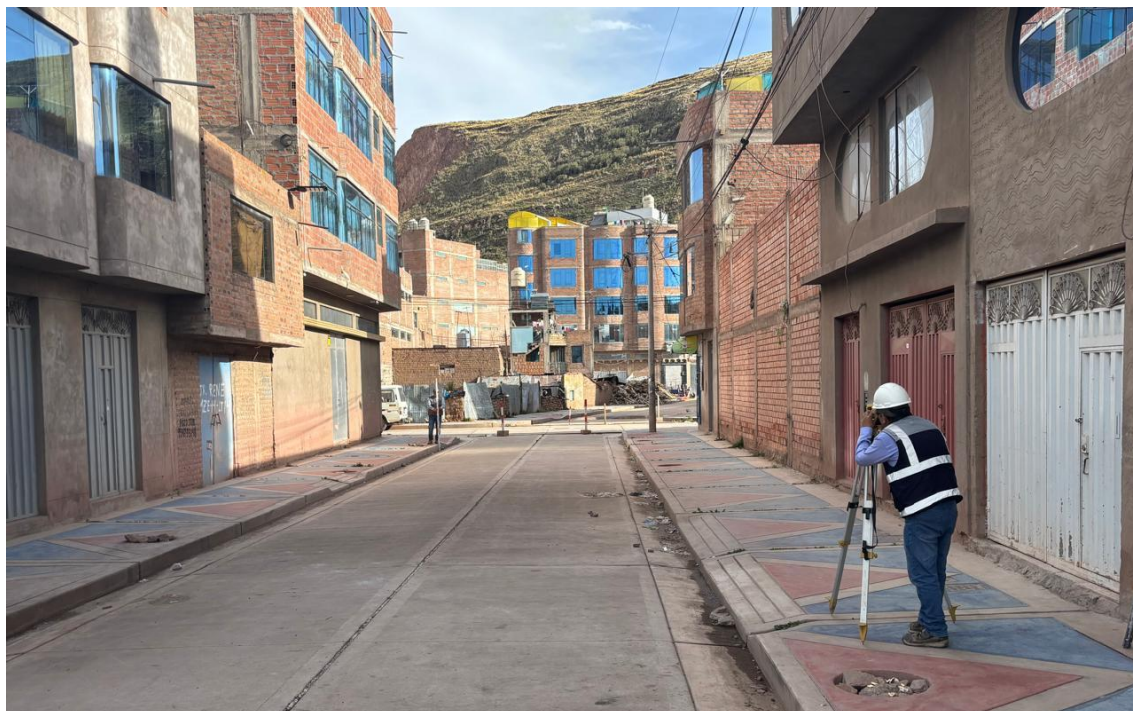
**ZONA DE ESTUDIO N°05: AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO-JR
GUAYAQUIL-JR. TITICACA-JR. SAN CAMILO-JR PATALLA**



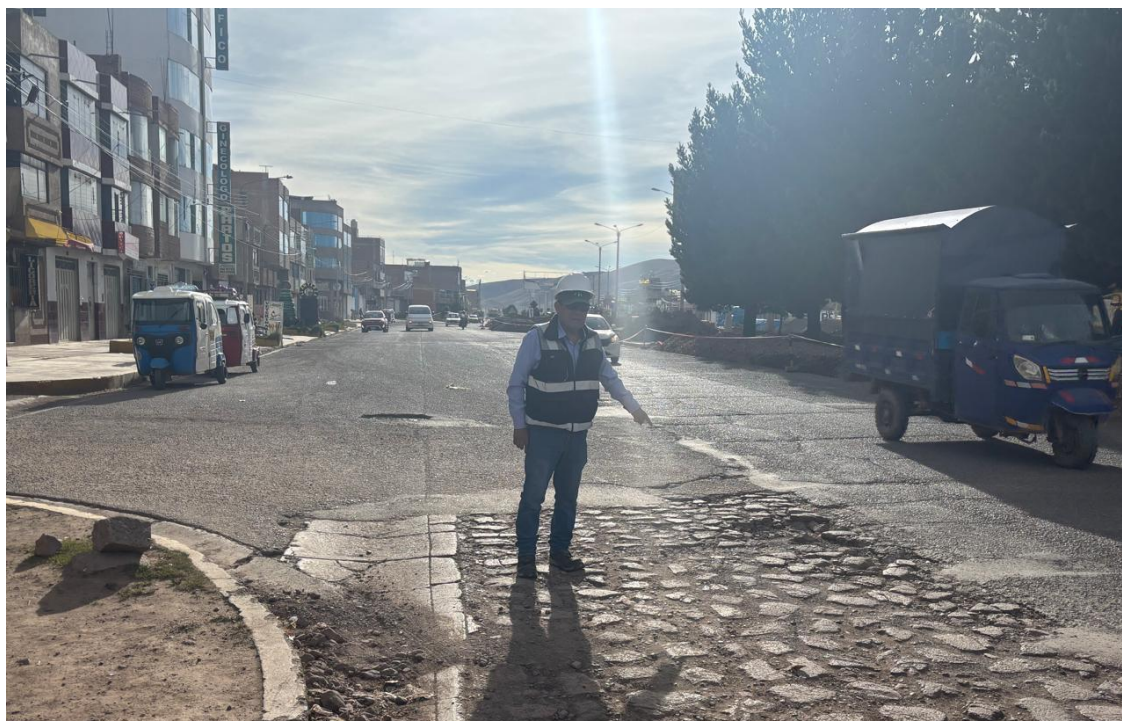
Fotografía 1.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



Fotografía 2.- Levantamiento altimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



Fotografía 3.- Levantamiento alimétrico para la evaluación de las pendientes longitudinales reales de las cunetas de concreto en el tramo evaluado.



Fotografía 4.- Evaluación en campo del daño en la pavimentación causado por el desborde de las cunetas durante eventos de lluvia.



5.- Registro en campo de las dimensiones reales (ancho, tirante y geometría transversal) y evaluación del estado físico de conservación y mantenimiento de la cuneta.



6.- Evaluación en campo de deficiencias de diseño de pendiente y/o del proceso constructivo que afectan el funcionamiento hidráulico de las cunetas.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ											
	CARRERA: INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025								
	FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-CUNETAS										
I. INFORMACION											
Responsable de la investigación:			ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI								
Asesor:			DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO								
Fecha de Evaluación											
Nombre de la Vía											
II. ASPECTOS A EVALUAR											
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS		
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	der/ izq	AGUAS		Tirante de diseño Y m	Espejo de agua T m	Tirante con azolve (sedimentos) Y _p m
							ARRIBA.	ABAJO.			
AV. CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA - JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0+980	1+037	57	DER	3823.8	3823.6	0.10	1.0	0.05
	CN-02		0+980	1+036	56	IZQ	3823.68	3823.48	0.10	1.0	0.05
	CN-03		0+766	0+814	48	DER	3824	3823.82	0.10	0.5	0.04
	CN-04		0+766	0+815	49	IZQ	3824.09	3823.9	0.10	0.5	0.04
	CN-05		0+908	0+960	52	DER	3824.34	3824.14	0.10	0.5	0.06
	CN-06		0+908	0+959	51	IZQ	3824.41	3824.22	0.10	0.5	0.06
	CN-07		0+993	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	0.09	0.5	0.07
	CN-08		0+990	1+046	56	IZQ	3824.84	3824.65	0.09	0.5	0.07
	CN-09		0+993	1+050	57	DER	3825.09	3824.89	0.10	0.5	0.06
	CN-10		0+993	1+051	58	IZQ	3825.21	3825.02	0.10	0.5	0.06
AV. ABANCAY - AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0+520	0+600	80	DER	3869.70	3869.00	0.12	0.5	0.05
	CN-12		0+520	0+600	80	IZQ	3869.68	3869.00	0.12	0.5	0.05
	CN-13		0+525	0+575	50	DER	3868.60	3868.80	0.12	0.5	0.06
	CN-14		0+525	0+586	61	IZQ	3868.59	3868.83	0.12	0.5	0.06
	CN-15		0+450	0+508	58	DER	3868.65	3868.42	0.12	0.5	0.09
	CN-16		0+451	0+509	58	IZQ	3868.64	3868.41	0.12	0.5	0.09
	CN-17		0+441	0+226	85	DER	3869.72	3869.38	0.12	0.5	0.08
	CN-18		0+445	0+227	82	IZQ	3869.70	3869.39	0.12	0.5	0.08
	CN-19		0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	0.12	0.5	0.07
	CN-20		0+453	0+535	82	IZQ	3869.82	3869.50	0.12	0.5	0.07
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0+174	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	0.10	0.5	0.07
	CN-22		0+202	0+140	62	IZQ	3826.63	3826.45	0.10	0.5	0.05
	CN-23		0+179	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	0.08	0.5	0.05
	CN-24		0+173	0+115	58	IZQ	3826.10	3825.87	0.08	0.5	0.05
	CN-25		0+176	0+116	60	DER	3826.20	3825.93	0.09	0.5	0.04
	CN-26		0+173	0+115	60	IZQ	3826.20	3825.96	0.09	0.5	0.04
	CN-27		0+159	0+097	57	DER	3827.15	3826.98	0.09	0.5	0.07
	CN-28		0+153	0+096	57	IZQ	3827.19	3826.93	0.09	0.5	0.07
	CN-29		0+202	0+141	61	DER	3827.00	3827.09	0.09	0.5	0.01
	CN-30		0+201	0+140	61	IZQ	3827.00	3826.94	0.09	0.5	0.02
OBSERVACIONES											
SE REALIZO REGISTRO DE DATOS DE CAMPO IN SITU MEDIANTE LA MEDICION DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LAS CUNETAS DE CONCRETO, MEDIDAS TOPOGRAFICAS EN LAS ZONAS DE EVALUACION Y 213 CONSIDERANDO TIRANTE HIDRAULICO, ANCHO DE SECCION Y LONGITUD DEL TRAMO											



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ											
	CARRERA: INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025								
	FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-CUNETAS										
I. INFORMACION											
Responsable de la investigación:			ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI								
Asesor:			DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO								
Fecha de Evaluación											
Nombre de la Vía											
II. ASPECTOS A EVALUAR											
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS		
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	der/ izq	AGUAS		Tirante de diseño	Espejo de agua	Tirante con azolve (sedimentos)
							ARRIBA.	ABAJO.	Y m	T m	Y m
AV. FERROCARRIL - AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	CN-31	CONCRETO	0+000	0+180	180	DER	3825.80	3824.00	0.10	0.60	0.03
	CN-32		0+000	0+180	180	IZQ	3825.80	3824.00	0.10	0.60	0.03
	CN-33		0+000	0+060	60	DER	3825.40	3825.40	0.10	0.60	0.04
	CN-34		0+000	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.43	0.10	0.60	0.04
	CN-35		0+000	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	0.10	0.60	0.07
	CN-36		0+000	0+186	186	IZQ	3826.80	3826.62	0.07	0.60	0.07
	CN-37		0+000	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	0.07	0.60	0.07
	CN-38		0+000	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	0.07	0.60	0.07
	CN-39		0+000	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	0.11	0.60	0.08
	CN-40		0+000	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	0.11	0.60	0.08
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO-JR. LUIS BANCHERO-JR GUAYAQUIL-JR. TITICACA JR. SAN CAMILO-JR PATALIA	CN-41	CONCRETO	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	0.10	0.50	0.05
	CN-42		0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	0.10	0.50	0.04
	CN-43		0+000	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	0.11	0.50	0.07
	CN-44		0+000	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	0.11	0.50	0.07
	CN-45		0+000	0+080	40	DER	3826.33	3826.34	0.10	0.50	0.10
	CN-46		0+000	0+080	40	IZQ	3826.33	3826.34	0.10	0.50	0.10
	CN-47		0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	0.10	0.50	0.07
	CN-48		0+040	0+070	30	IZQ	3826.65	3826.56	0.10	0.50	0.07
	CN-49		0+000	0+055	55	DER	3826.30	3826.08	0.11	0.50	0.08
	CN-50		0+000	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	0.11	0.50	0.08
OBSERVACIONES											
SE REGISTRARON DATOS DE CAMPO IN SITU MEDIANTE LA MEDICION DE LA SECCION TRANSVERSAL REAL DE LAS CUNETAS DE CONCRETO EN LOS ZONOS DE EVASCACION 4 y 5, CONSIDERANDO DATOS LIBRE DISEÑO DE SECCION Y LONGITUD DE TUBO, JUNTO CON INFORMACION TOPOGRAFICA ADICIONAL											



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ											
	CARRERA: INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025								
	FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-ALCANTARILLAS										
I. INFORMACION											
Responsable de la investigación:		ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI									
Asesor:		DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO									
Fecha de Evaluación											
Nombre de la Vía											
II. ASPECTOS A EVALUAR											
ALCANTARILLAS RECTANGULARES											
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	ALTITUD		CARACTERISTICAS HIDRAULICAS			
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	AGUAS		Tirante de diseño	Ancho	radio	Tirante con azolve (sedimentos)
						ARRIBA.	ABAJO.	Y m	b m	r m	Y m
AV. CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA-FEDERICO MORI	ALC-01	CONCRETO	0+920	0+930	10	3822.50	3822.48	1.25	1.2		0.05
	ALC-02	CONCRETO	1+204	1+214	10	3821.70	3821.68	1.25	1.2		0.05
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCRETO	1+207	1+192	15	3822.00	3821.95	1.05	1.2		0.1
	ALC-06	CONCRETO	1+507	1+492	15	3822.08	3822.03	1.05	1.2		0.1
AV. FERROCARRIL- AV. MANCO CAPAC- JR CULTURA	ALC-07	CONCRETO	0+715	0+700	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2		0.07
	ALC-08	CONCRETO	0+835	0+820	15	3823.90	3823.88	1.25	1.2		0.07
ALCANTARILLAS CIRCULARES											
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	TNC	1+538	1+548	10	3820.27	3820.25	0.915		0.61	0.2
SLDA CUSCO-LA Y	ALC-04	TNC	2+005	2+015	10	3815.39	3815.38	0.915		0.61	0.3
OBSERVACIONES											
SE REGISTRARON DATOS DE CAMPO IN SITU CORRESPONDIENTES A LOS DISEÑOS DE CONCRETO Y DE TUBERIAS											
MÉTODO CONCRETO (TNC) EN LAS ZONAS DE EVALUACION, INCLUYENDO LA TIPOLOGIA DE LA ESTRUCTURA Y LA MEDICION DE SUS											
DIMENSIONES INTERIORES REALES (DIAMETRO EXTERIOR, ALTURA LÍQUIDA, DIAMETRO INTERIOR, ANCHO DE CUNETA, ANCHO DE CUNETA INTERIOR) DEPENDIENTE DE LOS TIPOLOGICOS											



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ												
	CARRERA: INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALcantarillas en Vías Urbanas									
	DE JULIACA - 2025											
FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-CUNETAS												
I. INFORMACION												
Responsable de la investigación:		ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI										
Asesor:		DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO										
Fecha de Evaluación												
Nombre de la Vía												
II. ASPECTOS A EVALUAR												
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION/ MANTENIMIENTO			
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	der/ izq	AGUAS		GRIETAS	DESGASTE ABRASION	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)
							ARRIBA.	ABAJO.				
AV. CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA-JR. CABANILLAS	CN-01	CONCRETO	0+980	1+037	57	DER	3824.80	3823.60	Leve	MALO	25	50
	CN-02		0+980	1+036	56	DER	3824.68	3823.48	Sever	MALO	25	25
	CN-03		0+960	0+819	48	DER	3824.00	3823.82	Leve	MALO	0	75
	CN-04		0+966	0+815	49	DER	3824.09	3823.90	Leve	MALO	50	0
	CN-05		0+968	0+860	52	DER	3824.34	3824.14	Moder	MALO	50	25
	CN-06		0+968	0+959	51	DER	3824.82	3824.22	Moder	MALO	25	0
	CN-07		0+945	1+047	54	DER	3824.78	3824.58	Moder	MALO	50	25
	CN-08		0+980	1+046	56	DER	3824.89	3824.65	Moder	MALO	50	25
	CN-09		0+993	1+050	57	DER	3825.04	3824.89	Leve	MALO	25	75
	CN-10		0+945	1+051	58	DER	3825.21	3825.02	Leve	BUENO	25	0
AV. ABANCAY AV. INDEPENDENCIA-3 DE OCTUBRE	CN-11	CONCRETO	0+920	0+600	80	DER	3868.70	3870.00	Leve	Malo	0	50
	CN-12		0+520	0+600	80	DER	3869.68	3870.00	Leve	Malo	0	50
	CN-13		0+525	0+571	50	DER	3869.60	3868.80	Leve	Bueno	0	50
	CN-14		0+525	0+586	61	DER	3869.54	3868.83	Leve	Bueno	25	50
	CN-15		0+470	0+508	58	DER	3869.65	3868.42	Leve	Bueno	50	50
	CN-16		0+451	0+509	58	DER	3869.64	3868.41	Moder	Malo	50	50
	CN-17		0+441	0+726	85	DER	3869.72	3869.38	Moder	Malo	50	50
	CN-18		0+445	0+727	82	DER	3869.70	3869.39	Moder	Malo	0	50
	CN-19		0+453	0+538	85	DER	3869.80	3869.48	Leve	Bueno	0	50
	CN-20		0+453	0+535	82	DER	3869.82	3869.50	Leve	Bueno	0	50
AV. ANDRES AVELINO CACERES-JR. LEONARDO BARDALES-JR. SINCHI ROCA	CN-21	CONCRETO	0+949	0+112	62	DER	3826.61	3826.43	Leve	Bueno	50	50
	CN-22		0+702	0+140	62	DER	3826.63	3826.45	Leve	Bueno	50	50
	CN-23		0+174	0+116	58	DER	3826.10	3825.87	Leve	Bueno	50	50
	CN-24		0+173	0+113	58	DER	3826.10	3825.82	Leve	Bueno	50	50
	CN-25		0+174	0+116	60	DER	3826.23	3825.43	Leve	Bueno	75	50
	CN-26		0+175	0+115	60	DER	3826.15	3825.90	Sever	Malo	25	50
	CN-27		0+159	0+107	57	DER	3827.15	3826.88	Sever	Malo	75	50
	CN-28		0+153	0+096	57	DER	3827.10	3826.43	Leve	Bueno	0	50
	CN-29		0+202	0+141	61	DER	3827.00	3826.06	Leve	Bueno	0	50
	CN-30		0+201	0+140	61	DER	3827.00	3826.44	Leve	Bueno	0	50
OBSERVACIONES												
Se identificaron in situ los deficiencias constructivas y el estado real de mantenimiento de las cunetas de concreto y topografía en los puntos de evaluación 1, 2, 3												



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ													
CARRERA: INGENIERIA CIVIL		TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025											
FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-CUNETAS													
I. INFORMACION													
Responsable de la investigación:		ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI											
Asesor:		DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO											
Fecha de Evaluación:													
Nombre de la Vía:													
II. ASPECTOS A EVALUAR													
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION/ MANTENIMIENTO				
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	der/ izq	AGUAS		GRIETAS leve<1.0mm / moderada 1.0-3.0mm / severa>3.0mm	DESGASTE ABRASION Bueno: Superficie lisa / Malo: Agregados expuestos/sueltos	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)	
							ARRIBA	ABAJO					
AV. FERROCARRIL - AV. MANCO CAPAC - JR. CULTURA	CN-31	CONCRETO	0+00	0+180	180	DER	3825.80	3827.00	Severa	Bueno	75	50	
	CN-32		0+00	0+180	180	IZQ	3825.80	3827.00	Moderada	Bueno	75	50	
	CN-33		0+00	0+060	60	DER	3825.40	3825.70	Moderada	Bueno	50	25	
	CN-34		0+00	0+061	61	IZQ	3825.42	3825.73	Moderada	Bueno	25	25	
	CN-35		0+00	0+189	189	DER	3826.00	3825.24	Severa	Malo	0	50	
	CN-36		0+00	0+186	186	IZQ	3826.00	3826.62	Severa	Bueno	25	25	
	CN-37		0+00	0+173	173	DER	3826.50	3826.90	Severa	Malo	25	25	
	CN-38		0+00	0+174	174	IZQ	3826.52	3826.93	Severa	Malo	0	25	
	CN-39		0+00	0+172	172	DER	3826.80	3826.11	Severa	Malo	25	0	
	CN-40		0+00	0+172	172	IZQ	3826.80	3826.11	Moderada	Bueno	0	50	
AV. HEROES DE LA GUERRA DEL PACIFICO - JR. LUIS BANCHERO - JR. GUAYAQUIL - JR. TITICACA - JR. SAN CAMILO - JR. PATALIA	CN-41	CONCRETO	0+040	0+065	25	DER	3826.78	3826.66	Moderada	Bueno	0	50	
	CN-42		0+040	0+065	25	IZQ	3826.75	3826.63	Moderada	Bueno	50	0	
	CN-43		0+00	0+040	40	DER	3827.12	3826.94	Leve	Bueno	75	75	
	CN-44		0+00	0+040	40	IZQ	3827.12	3826.94	Leve	Bueno	75	75	
	CN-45		0+040	0+060	40	DER	3826.33	3826.34	Moderada	Bueno	50	25	
	CN-46		0+040	0+060	40	IZQ	3826.33	3826.34	Moderada	Bueno	50	25	
	CN-47		0+040	0+070	30	DER	3826.65	3826.56	Leve	Bueno	75	50	
	CN-48		0+040	0+080	30	IZQ	3826.65	3826.50	Leve	Bueno	50	75	
	CN-49		0+00	0+055	55	DER	3826.30	3826.58	Severa	Malo	50	50	
	CN-50		0+00	0+055	55	IZQ	3826.30	3826.08	Severa	Malo	25	50	
OBSERVACIONES													
Se identificaron en todo las deficiencias constructivas y de estado por el mantenimiento de las cunetas de concreto y topográficas en las zonas de evaluación 4 y 5													



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ												
CARRERA: INGENIERIA CIVIL	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA - 2025											
	FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS-ALCANTARIILLAS											
I. INFORMACION												
Responsable de la Investigación:		ING. RAUL PARICAHUA ANAHUI										
Asesor:		DR. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO										
Fecha de Evaluación												
Nombre de la Vía												
II. ASPECTOS A EVALUAR												
ALCANTARILLAS RECTANGULARES												
UBICACIÓN	CUNETA	SECCION	PROGRESIVA		LONGITUD	LADO	ALTITUD		DEFICIENCIAS DE CONSTRUCCION/ MANTENIMIENTO			
	COD	TIPO/FORMA	DE	A	(m)	der/ izq	AGUAS		GRIETAS	DESGASTE ABRASION	Mant Sedimentos (%)	Mant Basura (%)
							ARRIBA.	ABAJO.				
AV. CIRCUNVALACION - ENTRE AV. TACNA-FEDERICO MORI	ALC-01	CONCR	0+920	0+950	70		3822.50	3827.98	Leve	Mdo	0	0
	ALC-02	CONCR	1+204	1+214	10		3821.70	3821.68	Leve	Mdo	0	0
AV. TACNA- ENTRE FRANCISCO BOLOGNESI Y VISTA ALEGRE	ALC-05	CONCR	1+207	1+192	15		3822.00	3821.95	Leve	Bueno	50	50
	ALC-06	CONCR	1+502	1+492	15		3822.08	3822.03	Leve	Bueno	50	50
AV. FERROCARRIL - AV. MANCO CAPAC-JR CULTURA	ALC-07	CONCR	0+711	0+700	15		3823.90	3823.98	Leve	Mdo	25	25
	ALC-08	CONCR	0+831	0+820	15		3823.96	3823.88	Leve	Bueno	50	50
ALCANTARILLAS CIRCULARES												
AV. TACNA- AV. PERU	ALC-03	TMC	1+538	1+548	70		3820.27	3820.25			0	0
SLDA CUSCO LA Y	ALC-04	TMC	2+007	2+017	70		3815.34	3815.32			0	0
OBSERVACIONES												
Se identificaron in situ las deficiencias constructivas y el estado real de mantenimiento de las alcantarillas de concreto y a tuberías metálicas revestidas (TMC) en las zonas de evaluación.												



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 16-03-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	RAUL PARICAHUA ANAHUI		
Dirección:	Jr. Mariano Melgar 758		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	30832214		
Teléfono:	953 471 911	email:	raulparicahuanaanahui@hotmail.com
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:		email:	
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL		
Escuela Profesional o Mención:	MENCIÓN: HIDRÁULICA		
Título o Grado Académico a optar:	MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL		
Asesor:	Dr. FELIX CRISTOBAL OCHATOMA PARAVICINO		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación	☐	Tesis	☒
Trabajo de Suficiencia Profesional	☐	Trabajo Académico	☐
Título:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS CUNETAS Y ALCANTARILLAS EN VÍAS URBANAS DE JULIACA – 2025		
Palabras claves, (3 a 5 términos):	Drenaje pluvial, comportamiento hidráulico, eficiencia operativa, cunetas, alcantarillas, colmatación.		
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2} ?			
2			

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Título ☐ 2da Especialidad ☒ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:**a) Licencia estándar:**

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☒ Sí autorizo
- ☐ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐

Internacional

☒

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51

Firma de Autor



huella digital

16 - 03 - 2026

Fecha