

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE
CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS
HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

LUIS ABEL YANA GALARZA

ASESORA

MSc. Ing. MARISA ROSANA SILVA DÁVILA

LIMA - PERÚ

2018

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
PRÓLOGO	7
LISTA DE CUADROS	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1 GENERALIDADES	16
1.2 PROBLEMÁTICA	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	19
2.1 HIDROLOGÍA APLICADA	19
2.1.1 Características Morfológicas de una Cuenca Hidrográfica	19
2.1.2 Periodo de Retorno y Riesgo de Falla	21
2.1.3 Análisis Estadístico de la Información Pluviométrica	22
2.1.4 Método IILA-SENAMHI-UNI	24
2.1.5 Hietograma de Diseño	26
2.1.6 Método SCS Curve Number	27
2.1.7 Método SCS Unit Hydrograph	30
2.2 DRENAJE PLUVIAL URBANO	32
2.2.1 Hidrología Urbana	32
2.2.2 Estudio del Flujo en Calles	34
2.2.3 Componentes del Sistema	35
2.3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO HEC-HMS	36
2.3.1 Introducción	36
2.3.2 Componentes del Modelo HEC-HMS 4.2.1	37
2.3.3 Métodos de Cálculo	38
2.4 DESCRIPCIÓN DEL MODELO HEC-RAS	38
2.4.1 Introducción	38

2.4.2	Componentes del Modelo HEC-RAS 4.1.0	39
2.4.3	Métodos de Cálculo	40
2.5	DESCRIPCIÓN DEL MODELO SWMM	41
2.5.1	Introducción	41
2.5.2	Componentes del Modelo EPA SWMM 5.1	41
2.5.3	Métodos de Cálculo	43
CAPÍTULO III: ESTUDIOS BÁSICOS		46
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	46
3.1.1	Ubicación Geográfica, Extensión y Límites	46
3.1.2	Vías de Acceso a la Ciudad	47
3.1.3	Vías Urbanas	48
3.1.4	Infraestructura Vial	49
3.1.5	Clima	50
3.1.6	Hidrografía	50
3.2	INDICADORES SOCIALES	51
3.2.1	Demografía	51
3.2.2	Salud	52
3.2.3	Educación	52
3.2.4	Vivienda	52
3.2.5	Servicio Eléctrico	53
3.2.6	Servicio de Agua y Desagüe	53
3.3	GEOLOGÍA Y SUELOS	53
3.3.1	Características Geológicas	53
3.3.2	Características Geomorfológicas	56
3.3.3	Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	56
3.3.4	Estudio de Mecánica de Suelos	57
3.3.5	Geodinámica Externa	58
3.3.6	Geodinámica Interna	59
3.4	TOPOGRAFÍA	60
3.4.1	Información Topográfica	60
3.4.2	Inspección de Campo	61
3.5	ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO	63
3.5.1	Análisis de la Información Pluviométrica	63
3.5.2	Análisis Regional	65

3.5.3	Periodo de Diseño de la Lluvia	68
3.5.4	Hietograma de Diseño	69
3.6	CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS DE INTERÉS	69
3.6.1	Parámetros Morfológicos	69
3.6.2	Número de Curva (CN) del SCS	73
3.6.3	Abstracciones Iniciales, Tiempo de Concentración y Retardo	74
3.6.4	Huellas Hídricas	74
3.7	APLICACIÓN DEL MODELO HEC-HMS EN QUEBRADAS	75
3.7.1	Objetivo del Uso del Modelo HEC-HMS en Quebradas	75
3.7.2	Calibración del Modelo HEC-HMS	75
3.7.3	Simulación en el Modelo HEC-HMS	76
3.7.4	Caudal de Diseño para cada Quebrada	77
3.8	APLICACIÓN DEL MODELO HEC-RAS EN QUEBRADAS	77
3.8.1	Objetivo del Uso del Modelo HEC-RAS en Quebradas	77
3.8.2	Ámbito de Estudio	78
3.8.3	Simulación en el Modelo HEC-RAS	79
3.9	ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA	80
3.9.1	Objetivo del Estudio Hidrológico de la Ciudad de Cajabamba	80
3.9.2	Periodo de Retorno de la Lluvia	81
3.9.3	Hietograma de Diseño	82
3.9.4	Número de Curva (CN) del SCS	84
3.9.5	Cuencas de Cabecera	84
3.10	APLICACIÓN DEL MODELO STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM 5.1) EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA	86
3.10.1	Objetivo del Uso del Modelo SWMM	86
3.10.2	Calibración del Modelo SWMM	86
3.10.3	Representación del Sistema Actual de Drenaje Urbano	86
3.10.4	Simulación en el Modelo SWMM	87
3.10.5	Visualización de los Resultados	88
CAPÍTULO IV: FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL		91
4.1	CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	91
4.1.1	Criterios de Diseño en las Quebradas	91
4.1.2	Criterios de Peligrosidad del Flujo en las Calles	92
4.1.3	Criterios de Diseño de la Red de Drenaje Pluvial	94

4.1.4	Identificación de Restos Arqueológicos	95
4.2	PROPUESTA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	96
4.2.1	Consideraciones Generales	96
4.2.2	Trazado de la Red de Drenaje Pluvial	98
4.2.3	Diseño y Funcionamiento Hidráulico	100
4.2.4	Drenaje en Calles Pavimentadas	110
4.2.5	Resultados del Vertido de Aguas Pluviales hacia las Quebradas	113
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	114
4.3.1	Sectores Críticos	114
4.3.2	Peligrosidad del Flujo en las Calles	115
4.3.3	Variación del Caudal en las Quebradas	118
4.4	METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO	119
4.4.1	Metrados	119
4.4.2	Costos y Presupuesto	120
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	126
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
	ANEXOS	

RESUMEN

La tesis consiste en el estudio de drenaje pluvial para la ciudad de Cajabamba, que está ubicada en el departamento de Cajamarca, donde se construyó un modelo hidrológico e hidráulico detallado de la ciudad utilizando el programa SWMM. Además, debido a que la ciudad es atravesada por seis quebradas, se construyó un modelo hidrológico de las cuencas de las quebradas utilizando el modelo HEC-HMS, y en los tramos identificados como peligrosos, se utilizó el modelo HEC-RAS.

La cuenca urbana de estudio tiene una superficie de 162 ha aproximadamente, con topografía de pendiente pronunciada y altos índices de impermeabilidad del suelo. Estas características, junto a la configuración de las calles de la ciudad, ocasionan que en temporadas de lluvias intensas se presenten problemas de inundación en las calles y la constante erosión de una vía de comunicación hacia cuatro comunidades. La situación se ve aún más comprometida por las edificaciones construidas sobre los cauces principales de las quebradas, convirtiéndolas en un tipo de conducto cerrado en diversos tramos importantes de la ciudad. Se tiene como antecedente el huaico de la quebrada Ysmayacu, ocurrido en el año 2002, la cual se obstruyó en un tramo ubicado dentro de la ciudad, ocasionando graves daños a la principal zona comercial de la ciudad, diversas viviendas y grandes pérdidas económicas.

Ante esta situación, se planteó estudiar a las seis quebradas para identificar las zonas de peligro y ubicar adecuadamente las zonas de vertido de las aguas del sistema de drenaje pluvial. Además se presenta una metodología para el estudio del flujo en todas las calles de la ciudad y diseño del sistema de drenaje pluvial, a través del programa SWMM 5.1 donde es posible una modelación dinámica, en la cual, se resuelven todas las ecuaciones de Saint-Venant teniendo en cuenta la variación temporal de la lluvia y la no uniformidad del flujo.

Los resultados permitieron simular adecuadamente el comportamiento del flujo en las quebradas y calles de la ciudad, resultando coherentes con la realidad. Se pudo realizar el análisis de diversos escenarios de una manera rápida y el diseño de un adecuado sistema de drenaje pluvial urbano, bajo las normas peruanas y extranjeras de diseño de drenaje pluvial. Además se incluyeron los metrados para formular los costos y presupuestos.

ABSTRACT

In this thesis, we study the stormwater drainage for the Cajabamba city, which is located in the Cajamarca department. In order to perform this investigation, we developed a detailed hydrological and hydraulic model by using the SWMM. Besides, because the city is traversed by six ravines, we developed a hydrological model of the catchments using the HEC-HMS model and for stretches identified as hazardous we used the HEC-RAS model.

The urban catchment of study has a surface of 162 ha approximately, with high slope topography and high level of soil impermeability. During the seasons of intense rainfalls, these features together with the configuration of the streets of the city cause flooding problems in the streets and the constant erosion of a highway that connects four communities. The situation is even more complicated due to the localization of the buildings on the main channels of the streams, turning this in a kind of closed conduit for several important stretches of the city. A major disaster occurred in 2002, where the mudslides of the Ysmayacu's ravine blocked a stretch (which is currently covered by buildings) of the city causing serious damages to the main commercial area, several homes and a great economic losses.

In view of this situation, we proposed to study the six ravines to identify the danger zones and properly locate the weir of the stormwater drainage system. We also presented a methodology for the study of the flow in all the streets of the city, and the design of the stormwater drainage system, which was modeled using the SWMM software where a dynamic modeling is possible and all the Saint-Venant equations are solved, taking into account the temporal variation of the rainfall and the non-uniform flow.

The results allowed to simulate adequately the behavior of the flow in the ravines and streets of the city, being coherent with the reality. It was possible to perform the analysis of several scenarios in a fast way and design an adequate urban stormwater drainage system, under the Peruvian and international standards of stormwater drainage design. Furthermore, the quantities of material were included in order to formulate the costs and budgets.

PRÓLOGO

Se presenta en esta tesis una valiosa investigación que incluye un análisis exhaustivo y el diseño del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Cajabamba, cuna de la Sra. madre del autor. En sus visitas a la ciudad él observó el grave problema de inundaciones y destrozos en las calles y también en la carretera que la une con otras comunidades, por lo que coordinó con la Municipalidad Provincial de Cajabamba para buscar una solución.

Recibió de la Municipalidad apoyo con personal para realizar mediciones en las calles y quebradas así como información, topográfica, geológica y de obras existentes. Uno de los incentivos para la investigación fue el Programa Hydro - Latin America 2016, realizado en Lima, en el que recibió capacitación en el uso del modelo de la EPA: SWMM.

En primer lugar hizo la recopilación bibliográfica relativa a la hidrología y drenaje así como los fundamentos de los modelos utilizados. Luego, realizó los estudios básicos de geografía, topografía, accesos, aspectos socioeconómicos, geología y suelos, estudio pluviométrico y el estudio hidrológico de máximas avenidas tanto en las quebradas que desembocan en la ciudad como en las calles de la misma. Utilizando el modelo HEC-HMS para representar las cuencas las quebradas mencionadas, así como de las intercuenas, determinó los hidrogramas en los puntos de ingreso a la ciudad.

Se utilizó el modelo HEC-RAS para analizar el flujo en las quebradas a través de la ciudad y se obtuvo el nivel máximo para identificar, no solamente los tramos actualmente en peligro sino también cuáles podrían ser los ramales a ser usados para la evacuación del agua de lluvia desde las calles.

El modelo de SWMM se usó para representar la red de drenaje en la ciudad, se calibró el modelo para asegurar su representatividad usando los valores medidos de niveles de agua en la ciudad y chequeando las direcciones del flujo, así como las zonas de mayor peligro. Dada la ubicación de la ciudad, el drenaje natural del agua pluvial se produce a través de las calles en forma longitudinal produciendo inundaciones y flujos altamente erosivos en el sector bajo por el que ingresa la carretera mencionada.

Luego, se planteó diversas estrategias para el drenaje del agua pluvial teniendo en cuenta las reglamentaciones nacionales e internacionales, que incluyen como

criterios principales el nivel máximo de agua para disminuir la peligrosidad, que no se sobrecargaran las quebradas de evacuación y que se eliminaran las zonas inundables y con riesgo de erosión. Se probaron distintas alternativas, considerando como estrategia no modificar los tramos actualmente pavimentados realizando los cambios y obras nuevas en las calles sin pavimentar, y se realizaron las simulaciones variando las zonas de evacuación y cambiando la dirección del flujo hasta conseguir el objetivo de la investigación.

El diseño de la red incluyó la ubicación y dimensionamiento de los colectores, drenajes, zanjas, estructuras de captación, pozos de visitas comunes y especiales, pozos con caídas y deflectores que se muestran en los planos, cuyos metrados y análisis de precios unitarios permitieron establecer el presupuesto de obra.

Como se observa, el trabajo de investigación es excelente y ha permitido obtener, un mayor conocimiento de la aplicación de los modelos aplicados, recomendaciones para la mejora de la reglamentación nacional y un proyecto que podrá ser aplicado por la Municipalidad Provincial de Cajabamba para eliminar un problema que afecta no solo a la ciudad sino también a la comunicación con las comunidades vecinas.

MSc. Ing. Marisa Silva Dávila
Asesora

LISTA DE CUADROS

2.1	Distribuciones de probabilidad para el ajuste de la información pluviométrica	22
2.2	Valores de K_T para la distribución Pearson Tipo III	23
2.3	Valores críticos d para la prueba Smirnov Kolmogorov	24
2.4	Valores de los parámetros a y n en cada sub zona pluviométrica	26
2.5	Condiciones antecedentes de humedad en función de la precipitación	28
2.6	Grupo hidrológico de suelo según el SCS (USDA)	28
2.7	Números de Curva para cada tipo de uso de la tierra en condiciones antecedentes de humedad de tipo II	29
2.8	Métodos de cálculo incluidos en el modelo HEC-HMS	38
2.9	Metodologías de cálculo hidráulico empleados por el programa SWMM	45
3.1	Clasificación geológica de la zona de estudio	55
3.2	Estudio de mecánica de suelos en la quebrada Tacshana	58
3.3	Cuadro resumen de las estaciones meteorológicas utilizadas	64
3.4	Cuadro resumen de la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov	65
3.5	Precipitaciones máximas en 24 h, Media y Desviación Estándar corregidas	66
3.6	Cuadro de precipitación máxima en 24 horas en las quebradas para los $Tr=10$ años y $Tr=100$ años	69
3.7	Cuadro resumen de las características morfológicas de las cuencas de estudio	71
3.8	Cuadro de CN con condiciones de humedad antecedentes de tipo II para la cobertura vegetal y uso actual del suelo	73
3.9	Cuadro de CN-III ponderado	73
3.10	Abstracciones Iniciales, Tiempo de Concentración y Tiempo de Retardo de las quebradas de estudio	74
3.11	Cuadro de caudales estimados en las quebradas en base a las huellas hídricas	74
3.12	Cuadro de parámetros calibrados para el modelo HEC-HMS	76
3.13	Cuadro resumen de los tirantes generados en el modelo HEC-RAS 4.1	80
3.14	Periodos de retorno en obras de drenaje vertiendo a cauces entre 50 y 100 años	81

3.15	Cuadro de precipitación máxima en 24 horas en la ciudad de Cajabamba para los $Tr=25$ años y $Tr=50$ años	82
3.16	Características de las cuencas de cabecera	85
3.17	Cuadro de caudales máximos de las cuencas de cabecera para los $Tr=25$ años y $Tr=50$ años	85
3.18	Cuadro de caudales máximos y nivel de escorrentía en los sectores críticos	90
4.1	Cuadro resumen de las alturas mínimas admisibles en las quebradas de estudio	92
4.2	Cotas de los conductos de la red de drenaje pluvial	105
4.3	Cotas de los pozos de visita de la red de drenaje pluvial	106
4.4	Resultados de los cálculos hidráulicos de los conductos de drenaje pluvial	107
4.5	Variables hidráulicas de las calles donde se ubican las estructuras de captación	108
4.6	Cuadro resumen de estructuras necesarias en la red de drenaje pluvial	110
4.7	Cálculos hidráulicos de las cunetas pluviales de la Zona Inferior de la ciudad	112
4.8	Dimensiones y variables hidráulicas del canal natural hacia los Ojos de Lanla	113
4.9	Caudales de diseño en las quebradas dentro de la zona urbana de la ciudad	114
4.10	Altura mínima admisible en las quebradas dentro de la zona urbana de la ciudad	114
4.11	Comparación del nivel de peligro de inundación por calle	117
4.12	Incremento del caudal en las quebradas de estudio y altura mínima admisible	118

LISTA DE FIGURAS

2.1	Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil	21
2.2	Subdivisión del territorio peruano en zonas y sub zonas pluviométricas	25
2.3	Método de los bloques alternos	27
2.4	Cálculo de la escorrentía directa en función de P y del CN	30
2.5	Hidrogramas unitarios sintéticos del SCS	31
2.6	Características del escurrimiento de aguas pluviales en cuencas naturales y urbanas	32
2.7	Cambios en el hidrograma de respuesta de la cuenca	33
2.8	Aproximaciones de solución a las Ecuaciones de Saint-Venant	35
2.9	Esquema de los componentes y el proceso que sigue HEC-HMS	37
2.10	Esquema de los archivos de datos y el proceso que siguen en HEC-RAS	39
2.11	Esquema de los componentes del sistema de drenaje urbano en SWMM	42
2.12	Esquema de depósito usado en SWMM	44
3.1	Mapa de ubicación de la ciudad de Cajabamba	46
3.2	Mapa de vías de acceso a la ciudad de Cajabamba	47
3.3	Mapa de vías urbanas de la ciudad de Cajabamba	48
3.4	Mapa Hidrográfico de Cajabamba	51
3.5	Mapa geológico de la zona de estudio	55
3.6	Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo de la zona de estudio	57
3.7	Topografía e identificación de quebradas de la ciudad de Cajabamba	61
3.8	Fotografía aérea de la ciudad de Cajabamba del año 1968	63
3.9	Imagen satelital de la ciudad de Cajabamba del año 2016	63
3.10	Gráfico de la Media vs. Coordenada UTM Este	67
3.11	Gráfico de la Desviación Estándar vs. Coordenada UTM Este	67
3.12	Delimitación de cuencas de las quebradas de estudio	70
3.13	Curvas hipsométricas de las cuencas de estudio	72
3.14	Perfil de los cauces principales de las cuencas de estudio	72
3.15	Esquema de modelación de las quebradas en HEC-HMS	76
3.16	Resumen global de resultados generados en el modelo HEC-HMS	77
3.17	Ubicación de tramos en las quebradas Ysmayacu y Alambrish	79

3.18	Hietograma de diseño para un $Tr=25$ años	83
3.19	Hietograma de diseño para un $Tr=50$ años	83
3.20	Cuencas de cabecera de la ciudad de Cajabamba	85
3.21	Esquema de la ciudad Cajabamba en el modelo SWMM	87
3.22	Niveles de agua en las calles de la ciudad Cajabamba	88
3.23	Nivel de escorrentía superficial en la cuadra 9 del Jr. Lara	89
3.24	Sectores críticos de la ciudad de Cajabamba	90
4.1	Borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation	91
4.2	Resultado del análisis de Nanía	93
4.3	Niveles de peligro por FEMA	93
4.4	Mapa de Monumentos Arqueológicos Prehispánicos (MAPs) registrados en la ciudad de Cajabamba	96
4.5	Zonas pluviales y sectores críticos de la ciudad de Cajabamba	97
4.6	Líneas de flujo en las calles de la ciudad de Cajabamba	98
4.7	Esquema de la red de drenaje pluvial de la ciudad de Cajabamba	99
4.8	Calado máximo en las calles con la red de drenaje pluvial	101
4.9	Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Tacshana	102
4.10	Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Ysmayacu	103
4.11	Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Alameda	104
4.12	Corte transversal de la estructura de captación	109
4.13	Calado máximo en las calles del Sector 1 con la propuesta de drenaje pluvial	111
4.14	Calado máximo en las calles de la Zona Inferior	112
4.15	Comparación del caudal máximo en los sectores críticos	115
4.16	Comparación de la peligrosidad del flujo al deslizamiento por calle	116
4.17	Comparación de la peligrosidad del flujo al vuelco por calle	117

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

Ac	Área de la cuenca
a	Parámetro de intensidad
b	Parámetro en horas
g	Aceleración de la gravedad (m^2/s)
I	Intensidad de lluvia (mm/h)
I_a	Abstracciones Iniciales (mm)
K	Parámetro de frecuencia
K_c	Índice de compacidad
K_f	Factor de forma
K_T	Factor de frecuencia
L	Longitud del cauce principal (km)
L_c	Longitud de la cuenca (km)
l_i	Longitud de la curva de nivel (km)
N	Tamaño de la muestra
n	Parámetro de duración (h)
P	Precipitación acumulada de la tormenta (mm)
P_c	Perímetro de la cuenca (km)
P_e	Escorrentía directa acumulada (mm)
PMáx24h	Precipitación Máxima en 24 horas (mm)
P_o	Probabilidad de ocurrencia
P_t	Precipitación de "t" horas de duración
q	Relación de caudal
q_p	Caudal pico (m^3/s)
R	Riesgo de falla
R_e	Razón de elongación
S	Pendiente del cauce principal (m/m)
S_0	Pendiente de la solera (m/m)
S_c	Pendiente de la cuenca (m/m)
S_f	Pendiente de fricción (m/m)
T_p	Tiempo de ocurrencia del caudal pico (h)
Tr	Periodo de retorno (años)
t_b	Tiempo base (h)

t_c	Tiempo de concentración (h)
t_p	Tiempo de retardo (h)
t_r	Tiempo de duración de la lluvia (h)
W	Ancho medio de la cuenca (km)
y	Calado (m)
α	Nivel de significancia
σ	Desviación estándar
μ	Media
Δ	Variación

LISTA DE SIGLAS

CIRA	Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos
CN	Número de Curva
COFOPRI	Organismo de Formalización de la Propiedad Informal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
DGPA	Dirección General de Patrimonio Arqueológico Inmueble
DSFL	Dirección de Catastro y Saneamiento Físico Legal
EPA	Environmental Protection Agency
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GRP	Glassfiber Reinforced Plastic
HEC	Hydrologic Engineering Center
HMS	Hydrologic Modeling System
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IILA	Instituto Italo Latinoamericano
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
LID	Low Impact Development
MAPAS	Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
MAPs	Monumentos Arqueológicos Prehispánicos
MINSA	Ministerio de Salud
MPC	Municipalidad Provincial de Cajabamba
NRCS	National Resources Conservation Service
PATPC	Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Cajabamba

PDUCC	Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PMP	Probable Maximum Precipitation
PVC	Cloruro de Polivinilo
RAS	River Analysis System
RENIEC	Registro Nacional de Identificación y Estado Civil
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
SCS	Soil Conservation Service
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIGDA	Sistema de Información Geográfica de Arqueología
SIHH	Sección de Ingeniería Hidráulica e Hidrológica
SUDS	Sistema Urbano de Drenaje Sostenible
SWMM	Storm Water Management Model
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
USDA	United States Department of Agriculture
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System
WMO	World Meteorological Organization

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En el mes de julio del año 2016, la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú) fue sede del “Hydro - Latin America 2016”, organizado por la Universitat Politècnica de Catalunya (España) y la Université de Nice Sophia Antipolis (Francia), con la participación de estudiantes de Argentina, Brasil, Colombia, México y Perú. Este programa consistió en una semana intensiva de trabajo resolviendo problemas relacionados con la hidrología urbana, con el objetivo de promover una visión global en América Latina de los principales conceptos, metodologías, herramientas y buenas prácticas para la gestión sostenible del agua pluvial urbana.

En el programa intenso se estudió el problema de inundación pluvial en la cuenca urbana de La Riereta, situado en el municipio de Sant Boi de Llobregat, Catalunya, España. Esta cuenca tiene un área superficial de 20 ha aproximadamente, con una pendiente variable entre los valores del 1% al 6%. Además, presenta altos índices de impermeabilidad. El sistema de drenaje consiste en una red de tuberías de alcantarillado y cuenta con tres eventos de precipitación con sus respectivos caudales medidos a la salida de la cuenca de La Riereta. Para elaborar el modelo hidrológico-hidráulico de la cuenca se utilizó el programa Storm Water Management Model (SWMM), el cual permitió realizar un mejor análisis de la cuenca y simular una propuesta de rehabilitación.

El SWMM fue desarrollado por la Agencia de Protección del Medioambiente (EPA) de los Estados Unidos en 1971. En la actualidad, es uno de los programas de cálculo de drenaje urbano más extendido, es de dominio público y gratuito.

Rincón, J. C. y Muñoz, M. F. (16), realizaron una modelación dual (drenaje superficial-alcantarillado) a través del programa SWMM 5.0, considerando la variación del tiempo y la no uniformidad del flujo, en la urbanización Copacoa, Estado Lara, Venezuela. Demostraron la viabilidad y factibilidad del método que usa el SWMM debido a que simula adecuadamente el flujo en calles y colectores, permitiendo el análisis de múltiples escenarios y diseños más económicos.

En el Perú se ha utilizado el modelo SWMM en un estudio realizado por Granda, R. R. (7), en el cual se analizó una cuenca urbana de la ciudad de Piura, de 8 ha

aproximadamente, con topografía poco accidentada (pendiente de 0.5%) para intensidades de hasta 67 mm/h ($Tr = 25$ años) y para un evento de fenómeno “El Niño” con intensidades máximas entre los 86 y 96 mm/h ($Tr = 50$ años). Este estudio permitió determinar las zonas de inundación y proponer la construcción de zanjas de infiltración en zonas con cotas más altas.

Otro estudio de Gonzales, A. R. y Velazco, A. A. (6), analiza una cuenca urbana del distrito de Mariano Melgar, Arequipa de 216 ha aproximadamente, con topografía de pendientes medias del 3% al 5%, para intensidades de hasta 33.23 mm/h ($Tr = 10$ años). Este estudio pudo simular el evento ocurrido el 8 de febrero del 2013, que ocasionó diversas pérdidas socioeconómicas y de vidas humanas.

1.2 PROBLEMÁTICA

El principal problema que se da en la ciudad de Cajabamba, ubicada en el departamento de Cajamarca, son las inundaciones frecuentes por precipitaciones intensas, afectando a los transeúntes, el pavimento, el terreno, las viviendas, las vías de comunicación y que además arrastran todo tipo de elementos existentes.

El desarrollo urbano desordenado de la ciudad de Cajabamba viene generando un continuo incremento de la impermeabilidad del suelo a través de calles, veredas, plazuelas y tejados. Además presenta vías con pendientes pronunciadas (hasta en un 15%) y calles de secciones angostas (a partir de los 3 m). Por las características topográficas de la ciudad, todas las aguas pluviales llegan hasta la parte inferior de la ciudad (zona de pendiente suave) produciéndose inundaciones, encharcamientos y anegamientos que ocasionan pérdidas socioeconómicas, deterioro de las infraestructuras de adobe y la proliferación de vectores (zancudos, mosquitos, pulgas, etc.) de enfermedades metaxénicas. También, las aguas pluviales descargan en la zona conocida como *Ojo del Lanla*, destruyendo frecuentemente la única vía de comunicación entre la ciudad de Cajabamba y cuatro comunidades.

Además, la mayoría de las calles de la ciudad de Cajabamba están en un mal estado de conservación, generando dificultad a la población para poder desplazarse en épocas de lluvias. El flujo que reciben las calles longitudinales (orientación noroeste-sureste) en épocas de lluvias, más la pendiente de las mismas, viene ocasionando la erosión de pistas y veredas.

Así mismo, la ciudad de Cajabamba no cuenta con un adecuado sistema integral de drenaje pluvial. Algunas calles transversales (orientación suroeste-noreste) tienen acequias o canales de evacuación y eliminación de lluvias, con destino a las quebradas que se ubican paralelamente a estas vías; pero no se conoce el comportamiento de estas quebradas ante un evento de máxima avenida, presentando un gran peligro de desborde e inundación por precipitaciones pluviales intensas. Se tiene como antecedente el huaico de la quebrada Ysmayacu, ocurrido en el año 2002, la cual se obstruyó en un tramo ubicado dentro de la ciudad, ocasionando graves daños a la principal zona comercial de la ciudad, diversas viviendas y grandes pérdidas económicas.

En el Anexo A se muestra el panel fotográfico de la problemática mencionada, los cuales fueron registrados en las diversas visitas a campo que se realizaron a la ciudad de Cajabamba.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Formular el sistema de drenaje pluvial para proteger a la ciudad de Cajabamba de inundaciones y escorrentía superficial en las calles, reduciendo los daños y las pérdidas económicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento de las quebradas que cruzan la ciudad de Cajabamba mediante los modelos HEC-HMS y HEC-RAS.
- Analizar el comportamiento de la cuenca urbana de Cajabamba mediante el modelo Storm Water Management Model (SWMM).
- Realizar el diseño y metrado del sistema de drenaje pluvial para formular los costos y presupuestos.

CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 HIDROLOGÍA APLICADA

2.1.1 Características Morfológicas de una Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un lugar geográfico delimitado por las cumbres montañosas o divisorias de aguas. En esta zona solo se hace referencia al escurrimiento superficial de las precipitaciones que se unen para formar un solo curso de agua.

Con el objetivo de predecir la respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica, se determinan las siguientes características morfológicas:

- Área de la cuenca (A_c):

Es el área de la proyección de la superficie de la cuenca en un plano horizontal, sin tener en cuenta las diferentes alturas de su superficie. Generalmente se expresa en km^2 .

- Perímetro de la cuenca (P_c):

Es la longitud del contorno o divisoria de aguas de la cuenca, proyectada en un plano horizontal. Generalmente se expresa en km.

- Longitud de la cuenca (L_c):

Es la máxima distancia horizontal entre el punto más bajo de la cuenca y otro punto aguas arriba, siguiendo la dirección del cauce más largo. Generalmente se expresa en km.

- Ancho medio de la cuenca (W):

Se entiende como el ancho de aportación de la escorrentía de una cuenca hacia un sector. Se designa por la letra W y se define como la relación entre el área (A_c) en km^2 y la longitud de la cuenca (L_c) en km. De manera que:

$$W = \frac{A_c}{L_c} \quad (2.1)$$

- Factor de Forma (K_f):

Propuesta por Horton, se define como la relación que existe entre el ancho medio de la cuenca (W) en km y la longitud de la misma (L_c) en km. A menor valor de K_f , la cuenca será de forma más alargada y tendrá menos tendencia a

concentrar las intensidades de las precipitaciones, que una cuenca de la misma área pero con mayor K_f . Se expresa por:

$$K_f = \frac{Ac}{Lc^2} \quad (2.2)$$

- Índice de Compacidad (K_c):

Propuesto por Gravelius (1914), se define como la relación que existe entre el perímetro de la cuenca (P_c) y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. Si K_c se aproxima a uno, la cuenca será de forma circular y tienden a provocar crecidas más violentas. Para cuencas alargadas se espera que K_c sea mayor a uno. Se expresa por:

$$K_c = \frac{P_c}{2\sqrt{\pi Ac}} \quad (2.3)$$

- Razón de Elongación (R_e):

Propuesto por Schumm (1956), se define como la relación entre el diámetro de un círculo que tiene igual área que la cuenca en km^2 y la longitud de la cuenca (L) en km. Si R_e se acerca a uno, significa que es una zona de bajos relieves. Si R_e es menor a 0.80, la cuenca será de fuertes relieves. Se expresa por:

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{Ac}}{Lc} \quad (2.4)$$

- Elevación media de la cuenca:

Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en la que el 50% del área de la cuenca se encuentra por encima de esa altitud y el 50% se encuentra por debajo de ella. La curva hipsométrica fue propuesta por Longbien (1947) y se construye graficando las áreas acumuladas (en km^2 o en porcentaje del área total de la cuenca) en el eje de las abscisas y la altitud en el eje de las ordenadas.

Una curva hipsométrica con concavidad hacia arriba indica una cuenca sedimentaria con valles extensos y cumbres escarpadas, y lo contrario indica una cuenca con gran potencial erosivo con valles profundos y altas planicies.

- Pendiente de la cuenca (S_c):

Se obtiene por el método de Alvord, en la cual S_c se determina a partir del cálculo de las pendientes existentes entre curvas de nivel. Se expresa por:

$$S_c = \frac{D}{Ac} \sum l_i \quad (2.5)$$

Donde el A es el área de la cuenca en km², l_i es la longitud de la curva de nivel “i” en km y D es el desnivel constante entre curvas de nivel en km.

- Pendiente del cauce principal (S):

Se obtiene por el método de Taylor y Schwarz, en la cual S se determina al considerar que un río está formado “n” tramos, cada uno de ellos con pendiente uniforme. Cuanto más grande sea el número de tramos, se tendrá una mejor aproximación. Se expresa por:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2 \quad (2.6)$$

Donde L_i es la longitud del tramo “i” y S_i es la pendiente del tramo “i”.

2.1.2 Periodo de Retorno y Riesgo de Falla

El periodo de retorno (Tr) o intervalo de recurrencia, es el número de años en que en promedio, se presenta un evento. Si el evento ocurre una vez en Tr años, su probabilidad de ocurrencia (Po), es igual a 1 en Tr casos. Si los eventos anuales son independientes, se puede calcular la probabilidad de que el evento ocurra al menos una vez en “n” años sucesivos. A esta probabilidad se le conoce como Riesgo de Falla (R), la cual está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n \quad (2.7)$$

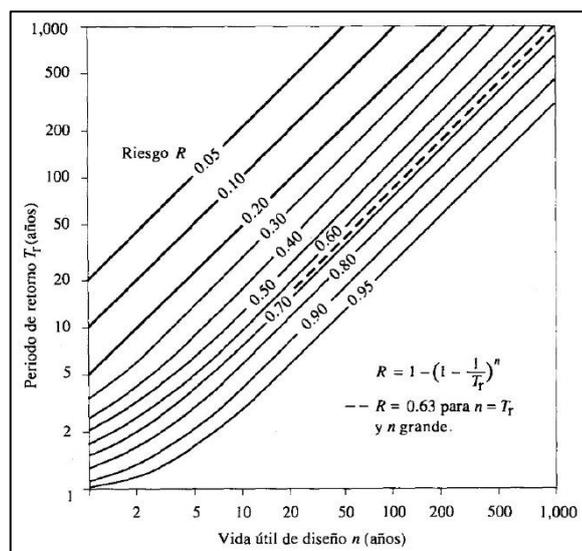


Figura 2.1 Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

En la Figura 2.1 se puede observar que, para un riesgo de falla dado, el periodo de retorno “Tr” se incrementa con la vida útil de diseño “n”. Con el parámetro riesgo de falla, es posible determinar cuáles son las implicancias de seleccionar un periodo de retorno de una obra, que tiene una vida útil de “n” años.

2.1.3 Análisis Estadístico de la Información Pluviométrica

El análisis estadístico nos permite estimar las precipitaciones para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos. En el Cuadro 2.1 se presenta una selección de las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas para el ajuste de la información pluviométrica.

Cuadro 2.1. Distribuciones de probabilidad para el ajuste de la información pluviométrica

Distribución de Probabilidad	Función de densidad de probabilidad	Rango	Ecuaciones de los parámetros en términos de los momentos de la muestra
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}$ $\sigma = s_x$
LogNormal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$ donde $y = \log(x)$	$x > 0$	$\mu_y = \bar{y}$ $\sigma_y = s_y$
Gumbel	$f(x) = \exp\{-\exp(-\alpha(x-\beta))\}$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$ $\beta = \bar{x} - 0.45005\sigma$
LogPearson tipo III	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y-\epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{x\Gamma(\beta)}$ donde $\Gamma =$ función gamma $y = \log(x)$	$\log(x) \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_y}{\sqrt{\beta}}$ $\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)}\right]^2$ $\epsilon = \bar{y} - s_y\sqrt{\beta}$

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

Según Ven Te Chow (1951), la magnitud (x_T) de un evento hidrológico extremo se puede representar como la media (μ) más el producto de la desviación estándar

(σ) y el factor de frecuencia (K_T), que es función del periodo de retorno y del tipo de distribución de probabilidad utilizada en el análisis. Por consiguiente, x_T queda expresado en la siguiente ecuación:

$$x_T = \mu + K_T \sigma \quad (2.8)$$

En el evento de que la variable sea $y = \log(x)$, entonces se aplica el mismo método a las estadísticas para los logaritmos de los datos. Para una distribución dada, se puede determinar la relación del factor de frecuencia (K_T) y el periodo de retorno mediante el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Valores de K_T para la distribución Pearson Tipo III

Coeficiente de asimetría	Periodo de Retorno en años					
	2	5	10	25	50	100
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

Para evaluar el mejor ajuste de una distribución de probabilidad de un conjunto de datos hidrológicos, se realizan pruebas de bondad de ajuste, entre las más comúnmente utilizadas se encuentra la de Smirnov Kolmogorov y consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(x_m)$ y la función de distribución de probabilidad estimada $F(x_m)$:

$$D = \text{máx}|(F_0(x_m) - F(x_m))| \quad (2.9)$$

En el Cuadro 2.3 se muestran los valores críticos “d” para la prueba Smirnov Kolmogorov, que depende del tamaño de la muestra y del nivel de significancia

seleccionado " α ". Si " $D < d$ " el registro de datos se ajusta a la distribución de probabilidades para el nivel de significancia considerado.

Esta prueba es aproximada; pero tiene la ventaja de ser aplicable a datos no agrupados, es decir, no requiere hacer intervalos de clase y se aplica a cualquier distribución de probabilidad.

Cuadro 2.3. Valores críticos d para la prueba Smirnov Kolmogorov

Tamaño de la Muestra (N)	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
>50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

Fuente: Aparicio, F. J. Fundamentos de Hidrología de Superficie. 2003.

2.1.4 Método IILA-SENAMHI-UNI

Debido a las escasas estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, en el año de 1983 el convenio IILA-SENAMHI-UNI realiza el "Estudio de la Hidrología del Perú". En este estudio se desarrolla una familia de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia para distintas regiones del Perú. Según la metodología, la precipitación (P_t , en mm) de duración (t , en horas), para un periodo de retorno (Tr , en años) es:

- Para $3 \leq t \leq 24$ horas:

$$P_t = a(1 + K \log(Tr))t^n \quad (2.10)$$

- Para $t \leq 3$ horas:

$$P_t = a(1 + K \log(Tr))(t + b)^n \quad (2.11)$$

Donde K es un parámetro de frecuencia (adimensional) y b es un parámetro que varía según la región del Perú (0.5 horas para la Costa centro y sur, 0.4 horas para

la Sierra y 0.2 horas para la Costa norte y Selva). La sub zona pluviométrica es determinada a partir de la Figura 2.2 y los valores de a y n se determinan a partir del Cuadro 2.4.

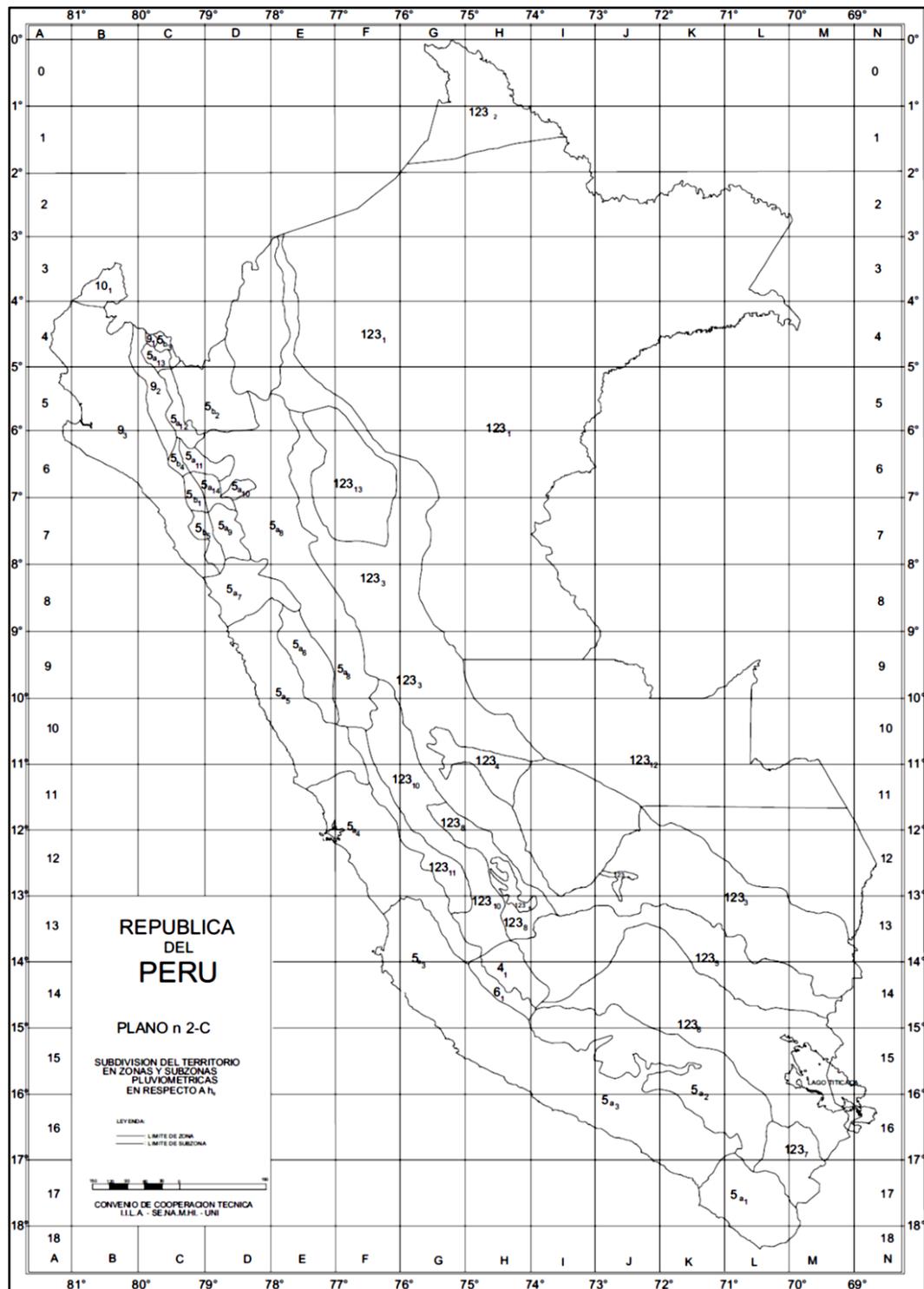


Figura 2.2 Subdivisión del territorio peruano en zonas y sub zonas pluviométricas

Fuente: RNE. Norma OS.060. 2006.

Cuadro 2.4. Valores de los parámetros a y n en cada sub zona pluviométrica

Sub Zona	Valor de n	Valor de a
123 ₁	0.357	32.2
123 ₃	0.405	$a = 37.85 - 0.0083Y$
123 ₁₃	0.432	
123 ₅	0.353	9.2
123 ₆	0.380	11.0
123 ₈	0.232	14.0
123 ₉	0.242	21.1
123 ₁₀	0.254	$a = 3.01 + 0.0025Y$
123 ₁₁	0.286	$a = 0.46 + 0.0023Y$
5a ₂	0.301	$a = 14.1 - 0.078D_c$
5a ₅	0.303	$a = -2.6 + 0.0031Y$
5a ₁₀	0.434	$a = 5.80 + 0.0009Y$

Fuente: RNE. Norma OS.060. 2006.

2.1.5 Hietograma de Diseño

Los métodos de diseño, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables de la variación temporal de la lluvia para obtener los hidrogramas de diseño (Chow, 1994).

El hietograma es la distribución temporal de la intensidad o precipitación a lo largo del tiempo de duración de la precipitación. Una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño es mediante el método del Bloque Alterno. Este método es utilizado como dato de precipitación en programas de modelamiento hidrológico, tales como el HEC-HMS o SWMM.

El método del bloque alternativo divide la duración total de la lluvia (D) en un número n de intervalos de tiempo Δt . Luego, utiliza los datos de intensidad de precipitación (I) de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para duraciones Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$, ..., así como la precipitación total obtenida multiplicando las intensidades por las duraciones de la lluvia, de acuerdo a la Figura 2.3. Finalmente, estos bloques de lluvia se reordenan de manera que el mayor valor esté en medio de la serie, y los demás bloques se van alternando en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central, formando de esta manera el hietograma de diseño.

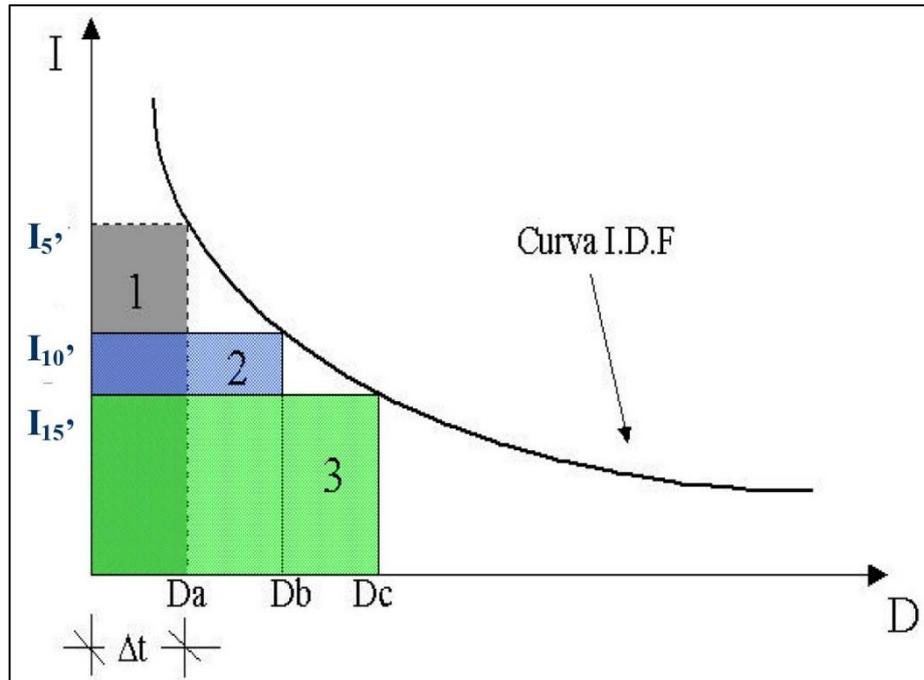


Figura 2.3 Método de los bloques alternos
Fuente: Gómez, M. Hidrología Urbana. 2007.

2.1.6 Método SCS Curve Number

El SCS (Soil Conservation Service), que actualmente es el NRCS (National Resources Conservation Service) del USDA (United States Department of Agriculture), desarrolló un método para calcular las abstracciones iniciales (I_a) o pérdidas de infiltración y la precipitación neta o escorrentía directa generada por una tormenta, a partir de datos de precipitación acumulada de la tormenta y de una serie de curvas.

El Número de Curva (CN) es un parámetro empírico y su valor es un número adimensional que varía entre 0 y 100; donde una superficie con $CN = 0$ indica que no hay escurrimiento ya que toda la lluvia se infiltra y otra superficie con $CN = 100$ indica que es impermeable o una superficie de agua, por lo que toda la lluvia genera escorrentía directa.

El CN toma en cuenta tres posibles situaciones de humedad antecedente denominadas como Condiciones Antecedentes de Humedad: secas (Tipo I), normales (Tipo II) y húmedas (Tipo III). La clasificación es determinada a partir de la precipitación total en los cinco días previos a éste y de la época del año (ver Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Condiciones antecedentes de humedad en función de la precipitación

Condiciones Antecedentes de Humedad	Precipitación durante los cinco días previos (mm)	
	Periodo Húmedo	Periodo Seco
Tipo I	Menor que 12.5	Menor que 35.5
Tipo II	Entre 12.5 y 28.0	Entre 35.5 y 53.0
Tipo III	Mayor que 28.0	Mayor que 53.0

Fuente: Soil Conservation Service. 1972.

Los valores del CN han sido tabulados en base al tipo del suelo y al uso de la tierra. El tipo de suelo es clasificado en 4 grupos de suelos hidrológicos (ver Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Grupo hidrológico de suelo según el SCS (USDA)

Grupo Hidrológico de Suelo	Textura	Drenaje
A	Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.	Excesivo
B	Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.	Bueno a moderado
C	Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.	Imperfecto
D	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.	Pobre o muy pobre

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

En el Cuadro 2.7 se dan los valores de CN en condiciones normales (Tipo II) para cada tipo de uso de la tierra. Para una cuenca formada por varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN ponderado.

A partir del CN en condiciones normales (Tipo II), se puede calcular el CN para las condiciones secas (Tipo I) o húmedas (Tipo III) con las siguientes ecuaciones:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (2.12)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (2.13)$$

Cuadro 2.7. Números de Curva para cada tipo de uso de la tierra en condiciones antecedentes de humedad de tipo II

Descripción del Uso de la Tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastos y prados				
En malas condiciones	68	79	86	89
En buenas condiciones	39	61	74	80
Pradera				
En buenas condiciones	30	58	71	78
Terreno boscoso				
Poco denso, cubierta forestal pobre o inexistente	45	66	77	83
Buena cubierta forestal	25	55	70	77
Espacios abiertos (césped, parques, campos, etc.)				
En buenas condiciones (75% o más de hierba)	39	61	74	80
En pobres condiciones (50-75% de hierba)	49	69	79	84
Zonas comerciales (85% impermeable)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Zona residencial				
Tamaño medio de la parcela (% Impermeabilidad)				
< 500 m ² (65%)	77	85	90	92
1000 m ² (38%)	61	75	83	87
1500 m ² (30%)	57	72	81	86
2000 m ² (25%)	54	70	80	85
4000 m ² (20%)	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: Soil Conservation Service. 1986.

El SCS estableció una relación para estimar las abstracciones iniciales (I_a) en mm, a partir del número de curva (CN), mediante la siguiente expresión:

$$I_a = \frac{5080}{CN} - 50.8 \quad (2.14)$$

La escorrentía directa acumulada (P_e , en cm) está en función de la precipitación acumulada de la tormenta (P , en cm) y del número de curva (CN), la cual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{[CN(P + 5.08) - 508]^2}{CN[CN(P - 20.32) + 2032]} \quad (2.15)$$

En la Figura 2.4 se muestra el gráfico para obtener la escorrentía directa acumulada a partir de la precipitación acumulada y de diferentes valores de números de curva (CN).

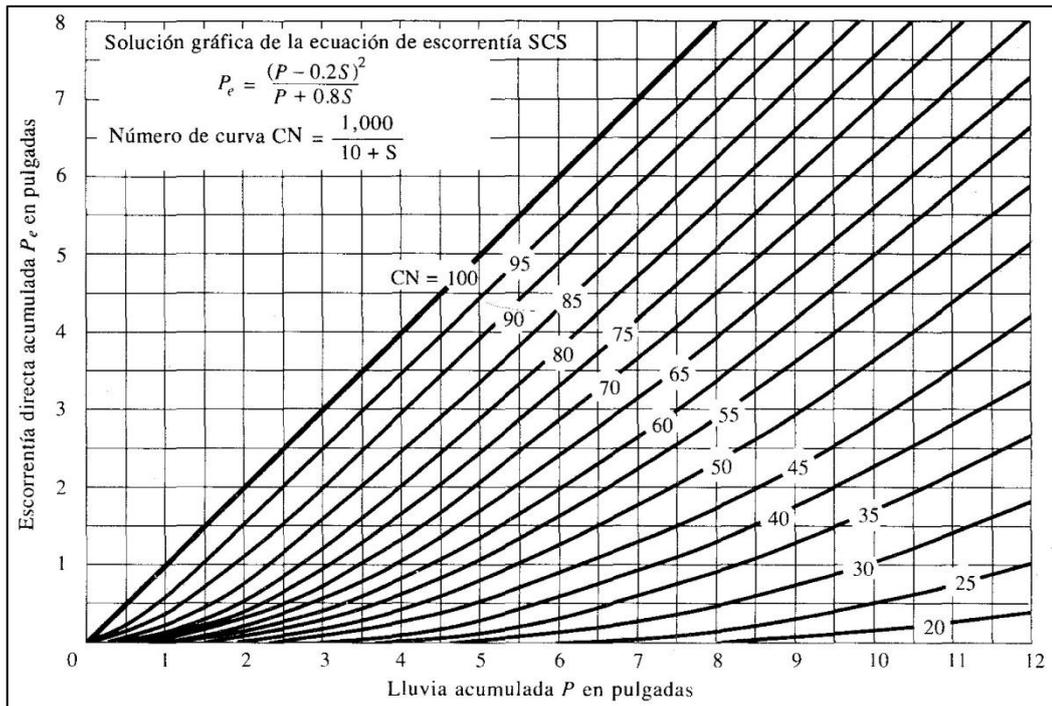


Figura 2.4 Cálculo de la escorrentía directa en función de P y del CN

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

2.1.7 Método SCS Unit Hydrograph

A partir de una serie de hidrogramas observados en diversas cuencas de los Estados Unidos, el SCS desarrolló un hidrograma unitario adimensional. Este hidrograma se construye sintéticamente de la relación del caudal (q) con respecto al caudal pico (q_p) y de la relación del tiempo (t) con respecto al tiempo de ocurrencia del caudal pico en el hidrograma unitario (T_p). Los valores de q_p y T_p se pueden estimar utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular. Ambos hidrogramas se muestran en la Figura 2.5.

Para una modelación continua, el hidrograma depende de variables como el tiempo de retardo o "Lag Time", el tiempo de duración de la lluvia, el tiempo base, área de la cuenca y la forma del hidrograma adimensional.

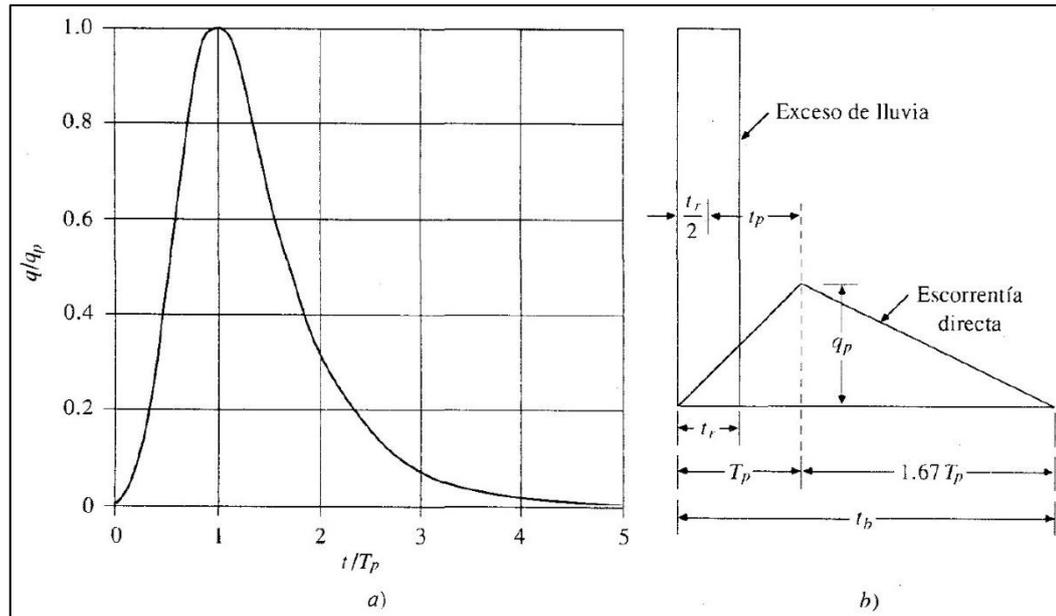


Figura 2.5 Hidrogramas unitarios sintéticos del SCS
a) Hidrograma adimensional y b) Hidrograma unitario triangular

Fuente: Chow, V. T. Hidrología Aplicada. 1994.

El tiempo base (t_b) y el tiempo pico (T_p) se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$t_b = 2.67T_p \quad (2.16)$$

El tiempo de retardo (t_p) se estima mediante el tiempo de concentración (t_c) mediante la siguiente expresión:

$$t_p = 0.6t_c \quad (2.17)$$

El tiempo de concentración (t_c , en horas) se puede estimar con la ecuación de Kirpich, la cual está en función de la longitud del cauce principal (L , en metros) y la pendiente del cauce (S , en m/m), mediante la siguiente expresión:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (2.18)$$

El tiempo pico (T_p) puede expresarse en términos del tiempo de retardo (t_p) y de la duración de la lluvia (t_r) mediante la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (2.19)$$

Como el área bajo el hidrograma unitario triangular debería ser igual a una escorrentía directa de 1 cm, se puede demostrar que:

$$q_p = \frac{2.08Ac}{T_p} \quad (2.20)$$

Donde q_p está en $m^3/s.cm$, Ac es el área de drenaje en km^2 y el T_p está en horas.

2.2 DRENAJE PLUVIAL URBANO

2.2.1 Hidrología Urbana

El proceso de urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia, debido a la alteración de las redes de drenaje natural (construcción de colectores y encauzamientos que aumentan la velocidad del agua hacia aguas debajo de la cuenca) y al incremento de la impermeabilidad de la superficie con materiales menos rugosos, todo ello con el criterio de drenar lo más eficiente y rápido el área drenada. Esta dinámica afecta la hidrología de la cuenca y en especial a la zonas aguas abajo (Gómez, 2007).

En la Figura 2.6 se observa que en una cuenca natural o rural, previa al desarrollo urbano, se presenta un flujo más lento a causa del proceso de infiltración y del estancamiento natural; pero después del desarrollo urbano, la escorrentía de las áreas urbanas se concentra y se transmite lo más rápido posible a través de canaletas, tuberías, canales y carreteras.

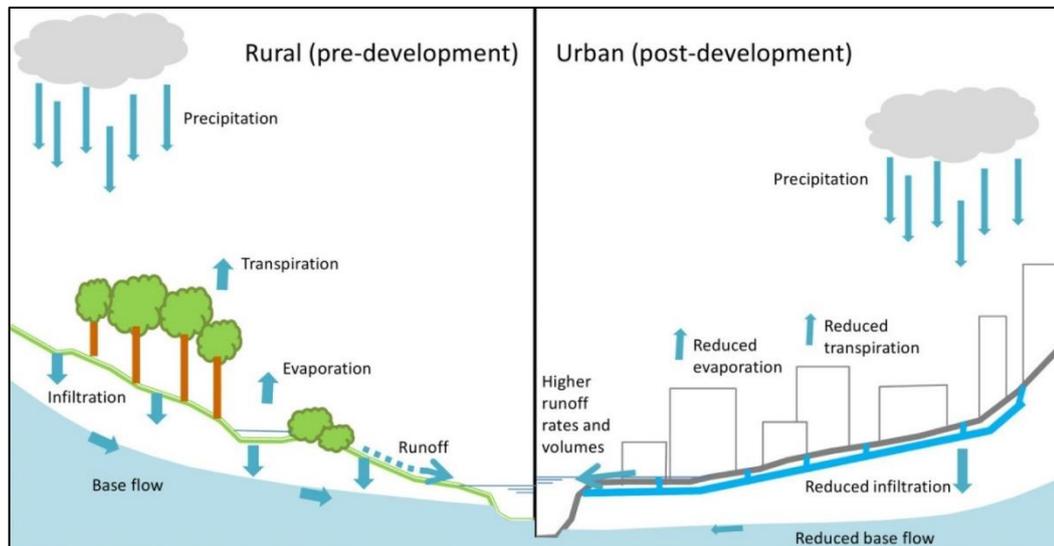


Figura 2.6 Características del escurrimiento de aguas pluviales en cuencas naturales y urbanas
Fuente: Hotchkiss, T.S. Evaluation of the use of flood attenuation controls for the management of urban stormwater impacts in Cape Town, South Africa. 2015.

En la Figura 2.7 se observan los principales cambios que presentan los hidrogramas:

- Aumento del volumen de escorrentía: El aumento de la superficie impermeable, sobre la cobertura natural de una cuenca, puede conducir a un dramático aumento del volumen total de escorrentía. Esto ocurre porque la mayor parte del volumen de precipitación que normalmente se intercepta, infiltra o evapora, es transportado directamente por sistema urbano de aguas pluviales hacia los cursos de agua ubicados aguas abajo.
- Aumento del caudal punta y de la velocidad máxima: Es consecuencia del aumento de la impermeabilidad del terreno y la disminución de la rugosidad de los cursos de agua. La concentración del caudal es más rápido y se alcanzan velocidades mucho más elevadas. Esto tiende a causar problemas como inundaciones, erosión y degradación ambiental aguas abajo.
- Disminución del tiempo del caudal punta y del tiempo de concentración: Es consecuencia del incremento del caudal punta y de la velocidad. Los tiempos de respuesta en el hidrograma son más rápidos y las duraciones del flujo son más cortas.

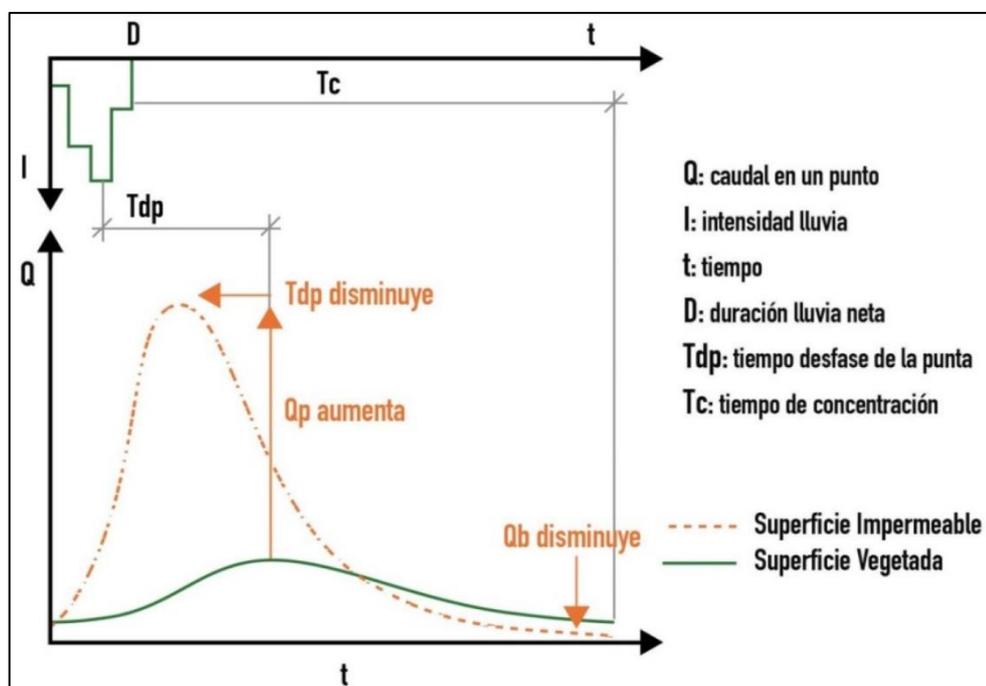


Figura 2.7 Cambios en el hidrograma de respuesta de la cuenca

Fuente: Perales, S. Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS): experiencias del cambio de paradigma. Presentación GBM. 2017.

La determinación del volumen de escorrentía y el caudal pico son asuntos muy importantes en el manejo de aguas pluviales en una cuenca urbana, y los métodos utilizados para calcular estas variables van desde el muy conocido Método Racional hasta los más avanzados modelos de simulación en computador, tal como el Storm Water Management Model (SWMM) desarrollado por la EPA de los Estados Unidos (Chow, 1994).

2.2.2 Estudio del Flujo en Calles

En una cuenca urbana, la escorrentía superficial se transporta a través de los colectores, canales y principalmente por las calles. El movimiento del agua que se produce en este medio urbano, es el denominado flujo no permanente o no estacionario en lámina libre, también llamado gradualmente variable en lámina libre. En este tipo de flujo se aplican los principios físicos de conservación de la masa o ecuación de continuidad, y la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento (equilibrio de fuerzas actuantes), esta última derivada de la segunda ley de Newton (Nanía, 2007).

Para el estudio del movimiento del flujo no permanente en lámina libre, A.J.C. Barré de Saint-Venant (1871) dedujo las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q^2}{\partial x A} + gA \frac{\partial y}{\partial x} - gA(S_0 - S_f) = 0 \quad (2.22)$$

Donde Q es el caudal, A es el área del flujo, q un caudal de entrada normalmente distribuido, y es el calado, S_0 la pendiente de la solera, S_f la pendiente de fricción o motriz, g la aceleración de la gravedad, x el espacio y t el tiempo.

Estas ecuaciones de Saint-Venant se han deducido considerando flujos unidimensionales y son ecuaciones en derivadas parciales, no lineales y de tipo hiperbólico, por lo que no tienen solución analítica y deben ser resueltos mediante métodos numéricos para llegar a soluciones aproximadas. En la Figura 2.8 se muestran los métodos aproximados más habituales en términos variables de la velocidad (V), calado (y), pendiente de la solera (S_0), pendiente de la fricción (S_f), aceleración de la gravedad (g), espacio (x) y tiempo (t).

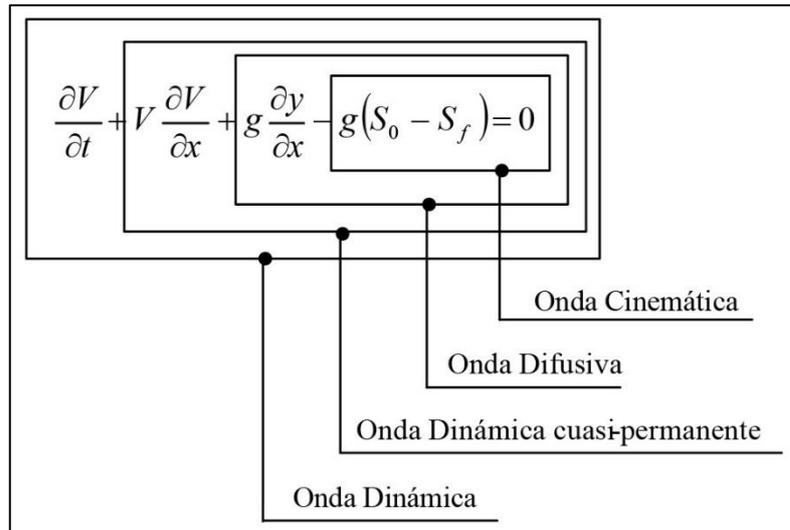


Figura 2.8 Aproximaciones de solución a las Ecuaciones de Saint-Venant

Fuente: Nanía, L. S. Modelos de flujo en calles y criterios de riesgo asociados. 2007.

Todos estos métodos de aproximación incluyen también a la ecuación de continuidad, y se diferencian entre si de acuerdo a sus términos tenidos en cuenta:

- Onda Dinámica: Incluye a todos los términos de la ecuación dinámica (componentes inerciales, presión, gravedad y fricción), por lo tanto es la que se aproxima más a la realidad de lo que sucede en un sistema de drenaje.
- Onda Dinámica cuasi-permanente: De todos los términos de la ecuación dinámica, solo se desprecia un término de las componentes inerciales, que es la variación local de la velocidad.
- Onda Difusiva: De todos los términos de la ecuación dinámica, solo se desprecian los términos inerciales.
- Onda Cinemática: De todos los términos de la ecuación dinámica solo considera la ecuación de equilibrio de fuerzas; es decir, a las componentes de gravedad y fricción.

2.2.3 Componentes del Sistema

El sistema de drenaje pluvial está diseñado para transportar únicamente las aguas producidas por las lluvias, dentro de una zona urbana. Los principales elementos e infraestructuras que integran el sistema de drenaje pluvial urbano se emplean según su función y son los siguientes:

- Estructuras de Captación: Recolectan las aguas producto del escurrimiento superficial del agua de lluvia y las introducen a la red de drenaje pluvial a través de rejillas. Se ubican estratégicamente en la calzada, aguas arriba del cruce de calles, de manera que permitan recoger rápida y eficazmente las aguas de escorrentía. En general, están constituidos por elementos de recogidas de aguas pluviales con desarenadores, rejillas al nivel de la superficie de la calzada y albañales.
- Estructuras de Conducción: Transportan las aguas recogidas por las estructuras de captación hacia las zonas de vertido. Están formados por conductos cerrados (tuberías) y/o abiertos (canales). Se diseñan para que el flujo en los conductos sea a superficie libre. Desde el punto de vista de su construcción pueden ser prefabricados (concreto simple o reforzado, PVC, PEAD, GRP) con sistemas de unión o construidos in situ (concreto simple o reforzado).
- Estructuras de Conexión y Mantenimiento: Se les conocen como Pozos de Visita y son estructuras subterráneas que facilitan el mantenimiento y conexión de los conductos, además disponen del espacio suficiente para que un operador pueda llegar hasta el nivel de las tuberías y realizar las tareas de mantenimiento de la red de drenaje pluvial. Se ubican en puntos donde los conductos cambian de diámetro, dirección o pendiente y donde se requiera la conexión con otros conductos.
- Estructuras de Vertido: Son estructuras de descarga final del agua drenada a través de los conductos. Están diseñados para evitar algún posible daño al último tramo del conducto y a la zona de vertido. Para su diseño se considera el nivel máximo de la superficie libre del agua del cuerpo receptor, asociado al periodo de retorno establecido.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL MODELO HEC-HMS

2.3.1 Introducción

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un modelo numérico que incluye un gran conjunto de métodos para simular procesos hidrológicos completos en cuencas dendríticas. El programa incluye varios procedimientos de análisis hidrológico tales como infiltración e hidrogramas unitarios a partir de condiciones extremas de lluvia. Los resultados de la

simulación se pueden utilizar en otros programas para estudios de drenaje urbano, futuro impacto de urbanización, diseño de canales, etc.

El HEC-HMS es desarrollado por el US Army Corps of Engineers. Su motor de cálculo se basa en más de 30 años de experiencia en el programa de simulación hidrológica, siendo uno de los más difundidos a nivel nacional e internacional, es de uso libre y se encuentra disponible en su sitio web. En la presente tesis se hace uso de la Versión 4.2.1 del HEC-HMS, publicado en marzo del 2017.

2.3.2 Componentes del Modelo HEC-HMS 4.2.1

La Figura 2.9 es un esquema simple, donde se representan los componentes necesarios para predecir la escorrentía superficial de una cuenca. El proceso ilustrado comienza con la precipitación, la cual puede caer sobre la superficie terrestre y los cuerpos de agua. Parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evapotranspiración de la vegetación, otra porción puede infiltrarse en el suelo y salir nuevamente a la superficie por acción capilar desde las capas superiores parcialmente saturadas como flujo intermedio. Además, el agua de los acuíferos subterráneos puede retornar a la superficie como flujo base. Finalmente, todo el flujo superficial generado se mueve hacia el cauce principal, en la cual se obtiene la descarga de una cuenca.

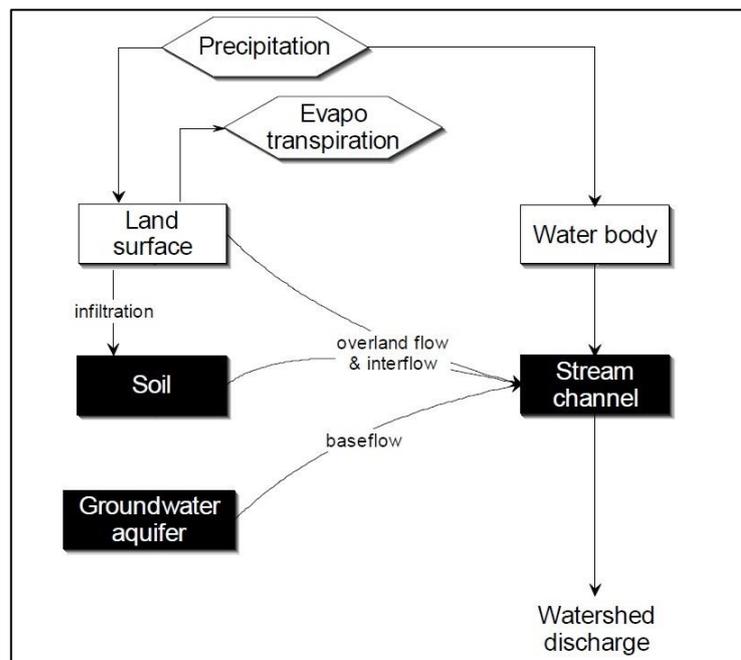


Figura 2.9 Esquema de los componentes y el proceso que sigue HEC-HMS

Fuente: USACE. HEC-HMS Technical Reference Manual. 2000.

2.3.3 Métodos de Cálculo

En el Cuadro 2.8 se muestra un resumen de los métodos de cálculo utilizados por el modelo HEC-HMS para representar los componentes del proceso de escorrentía desarrollados en la presente tesis.

Cuadro 2.8. Métodos de cálculo incluidos en el modelo HEC-HMS

Componentes del Proceso de Escorrentía	Método de Cálculo
Precipitación de Diseño	User-specified hyetograph
	User-specified gage weighting
	Inverse-distance-squared gage weighting
	Gridded precipitation
	Frecuency-based hypothetical storms
	Standard Project Storm (SPS) for Eastern U.S.
	SCS hypothetical storm
Volumen de Escorrentía – Métodos de Pérdidas	Initial and constant
	SCS curve number (also gridded)
	Gridded SCS CN
	Green and Ampt (also gridded)
	Exponential
	Smith Parlange
	Deficit and constant (also gridded)
	Soil moisture accounting (also gridded)
Escorrentía Directa	User-specified unit hydrograph
	Clark's unit hydrograph
	Snyder's unit hydrograph
	SCS unit hydrograph
	ModClark
	Kinematic wave
	User-specified s-graph

Fuente: USACE. HEC-HMS Applications Guide. 2015.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL MODELO HEC-RAS

2.4.1 Introducción

El HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) es un modelo numérico que permite el modelamiento unidimensional del flujo; pero a partir del lanzamiento de la Versión 5.0 (febrero del 2016) ha introducido el modelado bidimensional del flujo. El cálculo hidráulico unidimensional es para flujos de régimen supercrítico, subcrítico y mixto, en flujo permanente y no

permanente de una red de canales naturales y construidos. Además, realiza cálculos del transporte de sedimentos y análisis de la calidad del agua. Los resultados de la simulación nos permiten realizar un análisis hidráulico de canales y de las llanuras de inundación para diversos periodos de retorno.

El HEC-RAS fue presentado en 1995 por el US Army Corps of Engineers y se encuentra en continuo desarrollo para su aplicación en el ámbito de la ingeniería hidráulica y fluvial. Tiene gran aceptación a nivel nacional e internacional, es de uso libre y se encuentra disponible en su sitio web. Para los fines necesarios de la presente tesis se hace uso de la Versión 4.1.0 del HEC-RAS, publicado en enero del 2010.

2.4.2 Componentes del Modelo HEC-RAS 4.1.0

El HEC-RAS contiene cuatro componentes de análisis hidráulico unidimensional:

- Cálculo del perfil de la superficie del agua en régimen permanente gradualmente variado.
- Simulación en régimen no permanente.
- Estimación del transporte de sedimentos en lechos móviles.
- Análisis de la calidad del agua.

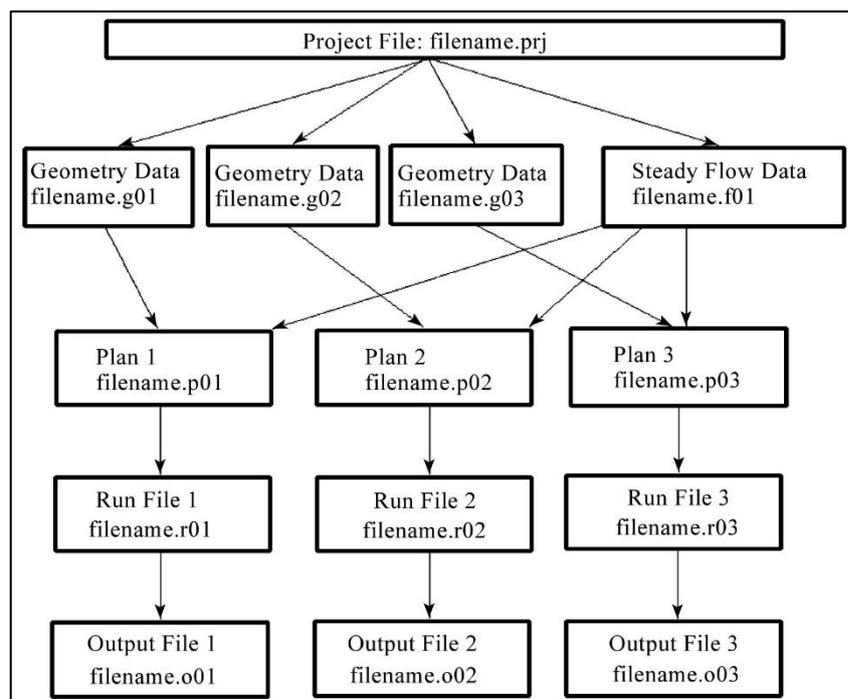


Figura 2.10 Esquema de los archivos de datos y el proceso que siguen en HEC-RAS

Fuente: USACE. HEC-RAS User's Manual. 2010.

En la Figura 2.10 se muestra un esquema de cómo se relacionan los archivos de datos y el proceso que sigue el HEC-RAS. En este ejemplo, el proyecto inicia con el ingreso de tres archivos de información geométrica y un archivo con las características del flujo permanente. El primer archivo de geometría representa las condiciones existentes, el segundo y tercer archivo podrían representar alguna modificación del primer archivo, como la adición de un puente, modificación del coeficiente de rugosidad, etc. Un Plan se formula al seleccionar un archivo de flujo permanente y un archivo de geometría. Luego de guardarse cada plan, se ejecuta la simulación y se procede a observar los resultados.

2.4.3 Métodos de Cálculo

Para el cálculo de los perfiles de la superficie de agua en régimen permanente, el HEC-RAS emplea los siguientes métodos de cálculo:

- Ecuación de la Energía: Utiliza la ecuación de Bernoulli para plantear un balance de energía entre dos secciones dadas, resuelto por el método iterativo de paso directo, para obtener las alturas de agua (tirantes o calados).
- Cálculos de Transporte: Subdivide la sección transversal en tramos donde cambia el coeficiente de Manning, para las cuales la velocidad está uniformemente distribuida. El transporte en cada subdivisión se calcula mediante una expresión de la ecuación de Manning.
- Coeficiente de Manning Compuesto en el Cauce Principal: Obtiene un valor compuesto del coeficiente de Manning para toda la sección cuando la pendiente transversal del cauce principal es superior a 5H:1V o si el coeficiente de fricción varía dentro del cauce principal.
- Coeficiente de Coriolis: Dado que el modelo es unidimensional, es necesario utilizar solo una altura de velocidad. Mediante el concepto de coeficiente de Coriolis se pondera la energía cinética dentro de la sección transversal.
- Pérdidas por Fricción: Se obtiene por medio de una ponderación de la pendiente friccional entre dos secciones y la distancia entre ellas. El HEC-RAS cuenta con cuatro métodos de cálculo para obtener la pendiente friccional.
- Pérdidas de Carga Localizadas: Son pérdidas por defecto que se consideran por ensanchamiento y contracción entre dos secciones.

- Determinación de la Altura Crítica: Es la altura de agua en que la energía es mínima. Para obtener dicha altura, el HEC-RAS emplea el método parabólico o el de la secante, ambos son métodos iterativos.
- Cantidad de Movimiento: Cuando la superficie de agua pase por el régimen crítico, el flujo deja de ser gradualmente variado y pasa a ser rápidamente variado. En esta situación la ecuación de la energía deja de ser aplicable y el HEC-RAS utiliza la ecuación de la cantidad de movimiento. Esta ecuación se utiliza para el análisis del salto hidráulico.

2.5 DESCRIPCIÓN DEL MODELO SWMM

2.5.1 Introducción

El SWMM (Storm Water Management Model) es un modelo dinámico que permite simular el comportamiento hidrológico e hidráulico de un sistema de drenaje urbano, permitiendo analizar tanto la cantidad como la calidad del agua en episodios puntuales o prolongados en el tiempo. También, se puede realizar una aproximación a la modelización del drenaje dual considerando dos grandes redes que discurren a distinto nivel (calles y colectores) y los elementos que permiten conectarlas (sistemas de captación). Además, se puede simular un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) con el ingreso de los “LID controls” en las subcuencas urbanas. Los resultados de la simulación nos permiten diseñar y dimensionar los componentes de la red de drenaje pluvial para prevenir inundaciones.

La U.S. Environmental Protection Agency (EPA) desarrolló el SWMM por primera vez en 1971, siendo uno de los primeros modelos numéricos hidrológicos e hidráulicos para el estudio del drenaje urbano, desde entonces se encuentra en continuo desarrollo, actualmente respaldada técnicamente por la Universidad de Oregón. El SWMM es uno de los modelos más utilizados desde hace más de treinta años en Estados Unidos y en diversos países desarrollados de Europa y Asia, es de uso libre y se encuentra disponible en su sitio web. En la presente tesis se hace uso de la Versión 5.1.012 del SWMM, publicado en marzo del 2017.

2.5.2 Componentes del Modelo EPA SWMM 5.1

La Figura 2.11 representa un esquema de los componentes del sistema de drenaje urbano que utiliza el SWMM 5.1.

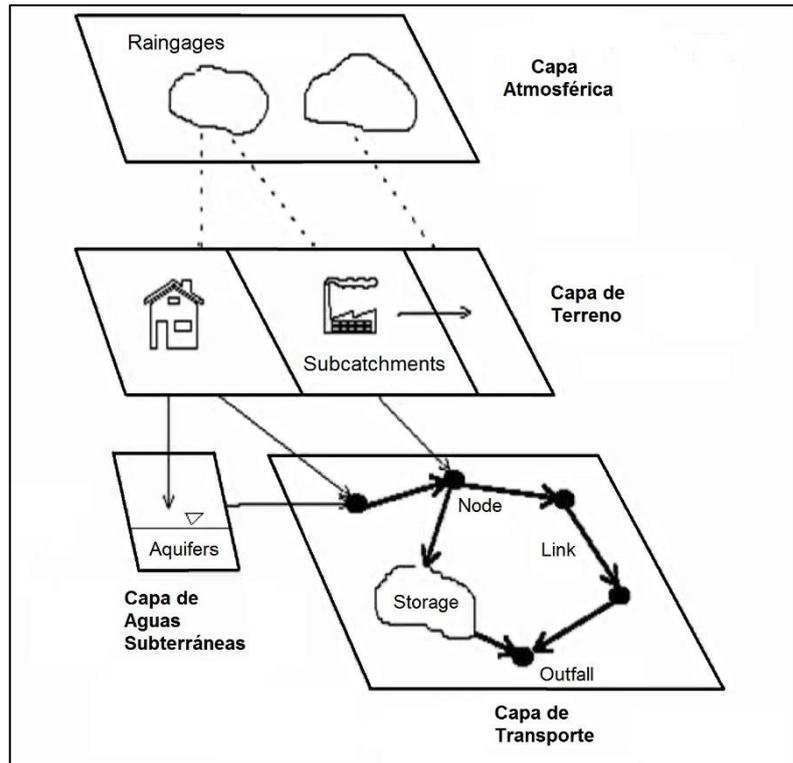


Figura 2.11 Esquema de los componentes del sistema de drenaje urbano en SWMM

Fuente: Concha, R. Análisis de cuencas urbanas mediante EPA SWMM 5.0. 2007.

Se representa al sistema de drenaje mediante los siguientes procesos hidrológicos o hidráulicos:

- Capa Atmosférica: Se ingresa la precipitación de diseño, en forma de lluvia o nieve, que cae sobre la capa de terreno.
- Capa de Terreno: Recibe la precipitación de diseño, produciéndose los procesos hidrológicos de pérdidas de precipitación y escorrentía superficial. En el proceso de pérdidas de precipitación, una parte se retiene en el terreno y otra se envía como flujo a la Capa de Aguas Subterráneas. En el proceso de escorrentía superficial, se envía el flujo y las cargas contaminantes hacia la Capa Transporte.
- Capa de Aguas Subterráneas: Recibe la infiltración de la Capa de Terreno y transfiere una parte a la Capa de Transporte.
- Capa de Transporte: Representa al sistema de drenaje urbano con elementos tales como conductos, colectores, bombas, rejillas, depósitos de retención, etc., transfiriendo las aguas a zonas de descarga del sistema. También se puede analizar sólo esta capa usando como entrada algunos caudales o hidrogramas.

2.5.3 Métodos de Cálculo

El SWMM utiliza cuatro módulos computacionales: RUNOFF, TRANSPORT, EXTRAN y STORAGE/TREATMENT. De los cuales, los principales módulos de cálculo que utiliza para la transformación lluvia-escorrentía y para el cálculo hidráulico del sistema de drenaje son:

- **MÓDULO RUNOFF:** Se usa para el cálculo de la escorrentía producida por una lluvia de diseño en cada una de las subcuencas urbanas. Los cálculos de escorrentía están basados en una formulación mixta entre modelo de depósito y de onda cinemática, la cual supone que la subcuenca urbana de estudio tiene un comportamiento de tipo depósito lineal (ver Figura 2.12). Este depósito asume una cierta abstracción inicial, de manera que hasta no haberse producido una precipitación efectiva, no se genera escorrentía. El depósito se rige por la siguiente ecuación de equilibrio de masa:

$$I - Q = \frac{\partial S}{\partial t} \quad (2.23)$$

Donde I es el caudal de entrada (correspondiente a la precipitación caída sobre la subcuenca), Q es el caudal de escorrentía generado (caudal de salida) y S es el almacenamiento dentro de la subcuenca. Para resolver esta ecuación de tres términos y en la que solo se conoce el caudal de entrada, se asume que el nivel de agua disponible para generar caudal de escorrentía ($H - h_0$) coincide con el tirante normal correspondiente al caudal de escorrentía generado. De forma que la ecuación del depósito lineal se expresa por:

$$A * i(t) - 0.5W \frac{\sqrt{I_0}}{n} \left((H_{i+1} - h_0)^{\frac{5}{3}} + (H_i - h_0)^{\frac{5}{3}} \right) = A \frac{H_{i+1} - H_i}{\Delta t} \quad (2.24)$$

Donde cada término representa:

- A : Superficie en planta de la subcuenca
- $i(t)$: Intensidad de precipitación caída en la subcuenca
- W : Ancho de la subcuenca
- H : Altura de agua en la subcuenca
- h_0 : Abstracción inicial
- I_0 : Pendiente media de la subcuenca
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning

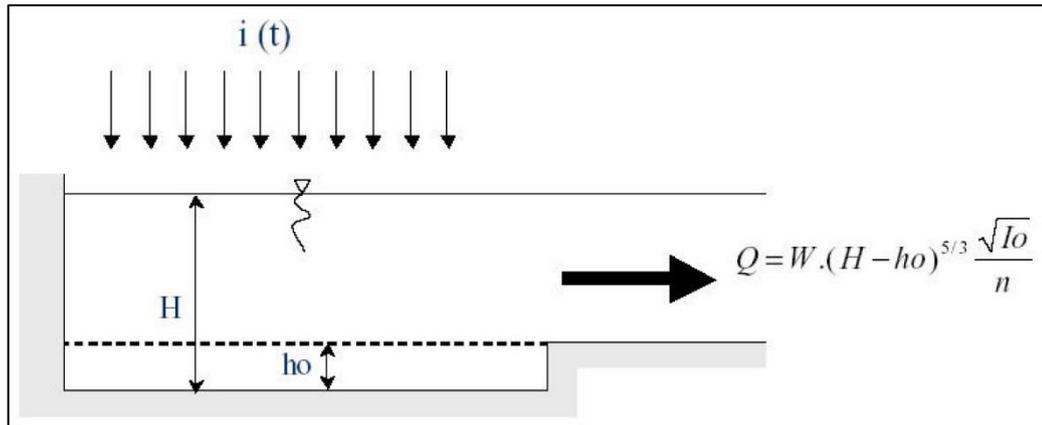


Figura 2.12 Esquema de depósito usado en SWMM

Fuente: Gómez, M. Pérdidas de precipitación y transformación lluvia-caudal en SWMM 5.0. 2007.

Esta ecuación se resuelve por métodos numéricos, iterando el valor del nivel de agua y del caudal de entrada, para cada incremento de tiempo. Este procedimiento no describe el comportamiento del agua en la subcuenca urbana, sino tan solo obtiene el caudal de salida.

Este módulo requiere del ingreso de los datos meteorológicos (hietograma de diseño), características de las subcuencas (área, ancho, pendiente media, coeficiente de rugosidad de Manning para zonas permeables e impermeables, volumen de almacenamiento en las zonas permeables e impermeables), parámetros de infiltración (el SWMM puede utilizar los métodos de Horton, Green-Ampt y Número de Curva (CN) del SCS), características de los canales de drenaje (sección geométrica, coeficiente de rugosidad de Manning, calado máximo admisible o inicial, puntos de salida con los parámetros que la definen) y otros parámetros como la duración de la simulación.

- **MÓDULO EXTRAN (Extended Transport Module):** Este módulo utiliza como datos de entrada a los datos de salida del módulo RUNOFF para propagar y modelar el flujo de agua, sin contaminantes, por todo el sistema de drenaje (conductos, nodos, depósitos) mediante tres metodologías de cálculo hidráulico: Régimen Permanente, Onda Cinemática y Onda Dinámica. En el Cuadro 2.9 se muestra un cuadro resumen de las metodologías presentadas para flujo permanente y no permanente.

El módulo EXTRAN resuelve las ecuaciones completas de régimen no permanente unidimensional, conocidas como las ecuaciones de Saint-Venant (ver ecuación 2.21 y 2.22), mediante el método iterativo de aproximación de

Onda Dinámica (ver Figura 2.8) en todos los conductos y aplica la ecuación de continuidad en los nodos, resolviéndose de forma secuencial. De esta manera, los conductos transmiten el flujo de nodo a nodo, obteniendo el caudal en cada conducto y el calado en cada nodo, para cada intervalo de tiempo. Con esta secuencia se reducen algunas variables de la ecuación y se reducen los tiempos de cálculo durante el proceso de simulación en el programa SWMM.

Cuadro 2.9. Metodologías de cálculo hidráulico empleados por el programa SWMM

Características	Flujo Permanente	Flujo No Permanente	
	Uniforme	Onda Cinemática	Onda Dinámica
Datos del estudio hidrológico	Qmax	Hidrograma Q/t	Hidrograma Q/t
Condiciones de Contorno	NO	Solo aguas arriba	Ag. Arriba y Ag. Abajo
Efectos de Reflujo	NO	NO	SI
Geometría de la Red	CON DETALLE	CON DETALLE	MUY EN DETALLE
Atenuación de Caudal Punta	NO	NO	SI
Efectos Dinámicos (Aceleración)	NO	NO	SI

Fuente: Gómez, M. Movimiento no permanente: Modelos de cálculo. 2007.

Este módulo requiere los datos procedentes del módulo RUNOFF, el incremento de tiempo para el cálculo de las ecuaciones, la duración total de la simulación, las características de los colectores (sección geométrica, longitud, elevación de los extremos, el coeficiente de rugosidad de Manning), las características de los nodos (cota de la solera del terreno), condiciones de contorno, condiciones especiales de flujo (entrada de carga), reguladores de flujo (orificios, vertederos y outlets), estaciones de bombeo y depósitos de almacenamiento, todos con sus respectivos parámetros que las definen en el programa SWMM.

CAPÍTULO III ESTUDIOS BÁSICOS

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

3.1.1 Ubicación Geográfica, Extensión y Límites

La ciudad de Cajabamba es la capital del distrito de Cajabamba, está situada a una altitud media de 2651 m s. n. m. en la parte sur-este del valle de Condebamba, provincia de Cajabamba y en el extremo sur de la Región Cajamarca. Pertenece a la Sierra Norte del Perú.

Sus puntos extremos se encuentran comprendidos entre los paralelos $7^{\circ}36'50''$ y $7^{\circ}37'55''$ de Latitud Sur y los meridianos $78^{\circ}02'14''$ y $78^{\circ}03'18''$ de Longitud Oeste de Greenwich, con una extensión aproximada de 200 ha. Limita por el norte con el centro poblado Pampa Chica, por el este con el centro poblado Pueblo Nuevo y por el oeste y sur con el río Lalichuco (ver Figura 3.1).



Figura 3.1. Ubicación de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Imagen satelital de Bing Maps.

3.1.2 Vías de Acceso a la Ciudad

El acceso principal a la ciudad de Cajabamba y al área de estudio en general, se dan desde Cajamarca (por el noroeste) a una distancia de 169 km y desde Huamachuco, Región La Libertad (por el sureste) a una distancia de 69 km. Ambos accesos se realizan mediante la carretera Nacional o Longitudinal de la Sierra, que a su vez atraviesa a toda la ciudad de forma sinuosa, evitando que el flujo vehicular pase por la plaza de armas (ver Figura 3.2). Por esta vía transitan buses interprovinciales, maquinaria pesada y vehículos de carga pesada. El material de esta vía dentro del núcleo urbano la ciudad es de concreto.

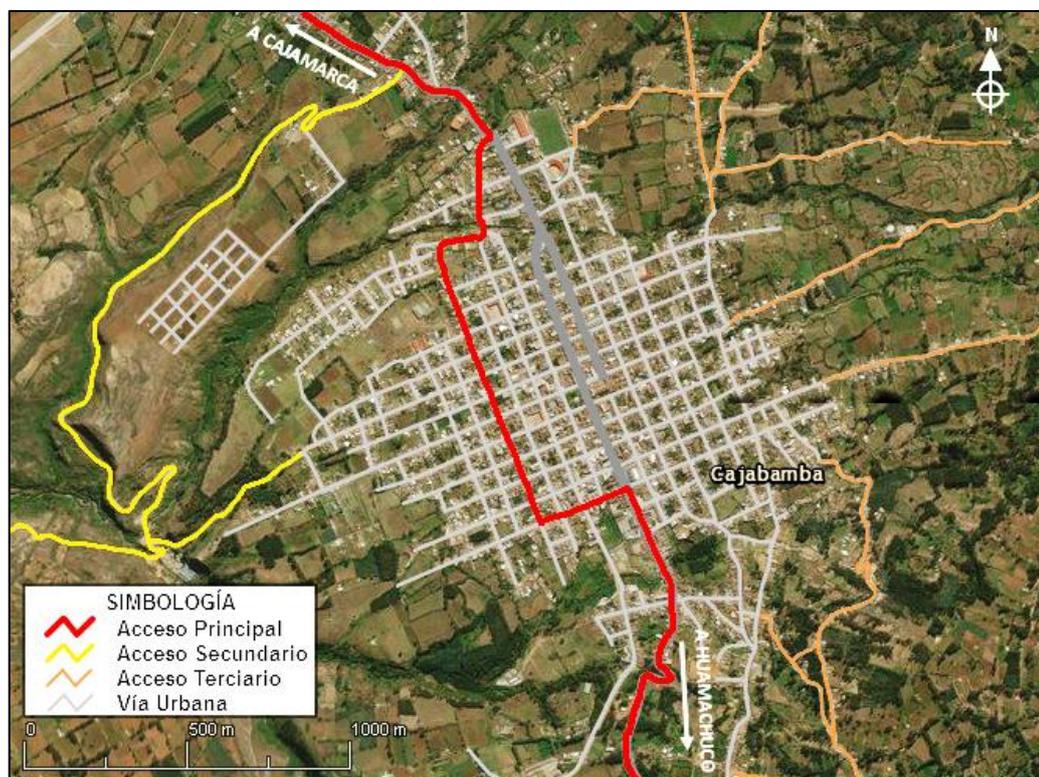


Figura 3.2. Vías de acceso a la ciudad de Cajabamba

Fuente: Imagen satelital de Bing Maps.

Los accesos secundarios son desde los tres distritos restantes de la provincia de Cajabamba, los cuales son Condebamba, Sitacocha y Cachachi. El desplazamiento desde estos distritos a la ciudad de Cajabamba se realiza principalmente a través de vehículos medianos como coaster, combis, camionetas y motos lineales. También existe una parte de la población que accede a la ciudad utilizando caballos, asnos o mulas en forma de flete.

Los accesos terciarios la conforman innumerables vías a nivel afirmado o trocha carrozable en forma de arterias que se interconecta la ciudad con las demás áreas urbanas, rurales, campiñas y valles que se encuentran de manera dispersas en el distrito. Estas vías no se encuentran en óptimas condiciones de accesibilidad.

3.1.3 Vías Urbanas

Las vías urbanas principales están organizadas en función de conectar nodos comerciales, centros políticos, administrativos, de producción y educación. En cambio, las vías urbanas secundarias alimentan a la vía urbana principal, partiendo desde el núcleo de los barrios de la ciudad de Cajabamba (ver Figura 3.3). Los flujos de tránsito que se realizan en su mayoría son motos y peatones, a su vez en ambas vías no hay mucha incidencia de tráfico vehicular por el bajo número de mototaxis y vehículos menores.

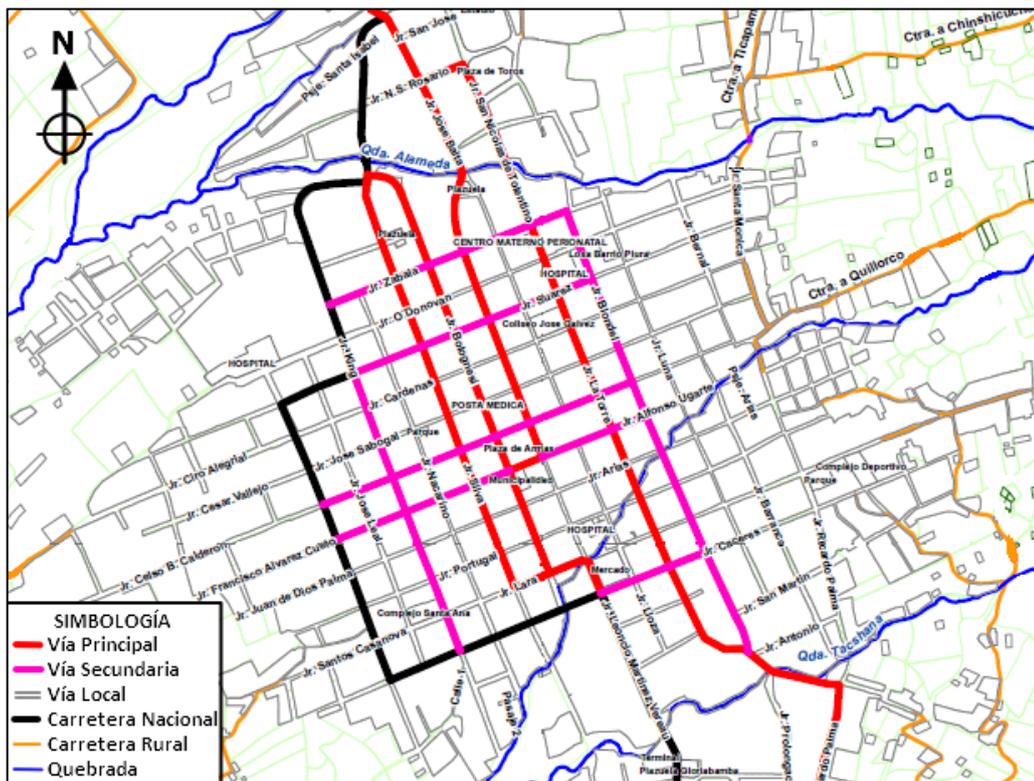


Figura 3.3. Mapa de vías urbanas de la ciudad de Cajabamba

Fuente: MPC. PDUCC 2016-2026. 2016.

Las vías locales las conforman las calles o accesos que sirven al flujo desde las vías urbanas secundarias hasta la residencia de los pobladores. También permite

el desplazamiento para realizar compras en bodegas o acceder a equipamientos a nivel de barrios. La vía local más importante la constituye el Jirón Miguel Grau con una longitud de 210 m, que conecta la plaza de armas con el mercado principal de la ciudad, en la que a raíz de su peatonalización se han establecido diversos locales comerciales de tipo vecinal y la presencia de comercio ambulatorio.

3.1.4 Infraestructura Vial

Los materiales constructivos utilizados en las vías son de concreto y en algunas veredas se han hecho uso de bloquetas o adoquines. Según el “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, las vías urbanas principales tienen infraestructura al 90%, las vías urbanas secundarias tienen infraestructura al 55% y las vías locales tienen infraestructura al 30%. Se observa que la mayoría de las vías locales no cuentan con la infraestructura adecuada, esto genera dificultad a la población para poder desplazarse en épocas de lluvias (formación de lodo o barro en las vías).



Fotografía 3.1. Erosión en la vía de una calle longitudinal

Fuente: Fotografía propia. 2016.

Las calles longitudinales (orientación noroeste-sureste) tienen la modulación de acera-calzada-acera, en algunos casos alcanzan una pendiente del 15% y se presentan zonas de erosión en la estructura de la calzada (ver Fotografía 3.1). En

algunas calles transversales (orientación suroeste-noreste) tienen un componente adicional en su modulación, que son las acequias o canales de evacuación de lluvias, con dirección a las quebradas existentes que se ubican paralelamente a las calles longitudinales. En las calles cerca a Instituciones Educativas se observa la presencia de rompemuelleres.

En la mayoría de las vías de la ciudad solamente se permite el tránsito en un solo sentido, a excepción de la vía Longitudinal de la Sierra que atraviesa la ciudad y la vía que va al cementerio. Las secciones viales son reducidas y variadas (a partir de los 3.00 m), además muchas veredas no llegan a 1.00 m de ancho (según RNE, mínimo 1.20 m), reduciéndose hasta 0.25 m, y en algunos casos no existen veredas.

3.1.5 Clima

El clima es frío en las alturas, semifrío en la zona urbana con una temperatura media anual de 16° y húmeda. Además, debido a la cercanía al Ecuador y por ser una ciudad ubicada en un piso térmico bajo, tiene un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso. Las mayores precipitaciones se dan entre los meses de diciembre a marzo. También se presentan años de sequía y/o abundante precipitación, con grandes consecuencias en las principales actividades económicas de la ciudad.

3.1.6 Hidrografía

La ciudad de Cajabamba se ubica en la cuenca hidrográfica Crisnejas y es atravesada por 6 quebradas: Puente Grande, Alambrish, Alameda, Ysmayacu, Tacshana y El Padre, que van de la dirección este a oeste. Estas quebradas desembocan en el río Lalichuco, formando al río Lanla, la cual vierte sus aguas al río de Condebamba. Este río al confluir con el río Cajamarca forma el río Crisnejas, vertiendo sus aguas al río Marañón, el cual al unirse con el río Ucayali forma el río Amazonas. Finalmente este río deposita sus aguas al Océano Atlántico (ver Figura 3.4).

Los cauces principales de las quebradas tienen su origen en las precipitaciones estacionales que caen en las alturas de los cerros ubicados en el ramal interior de la cadena occidental de los Andes del Norte. La quebrada Puente Grande es la única que tiene su origen en la Laguna Yahuarcocha, ubicada en la parte alta de

su cuenca, la que alimenta primordialmente su curso de agua con las precipitaciones estacionales. Las cuencas de estudio ocupan un área aproximada de 43 km², lo que representa el 0.87 % del área total de la cuenca del río Crisnejas de un área aproximada de 4 939.56 km².

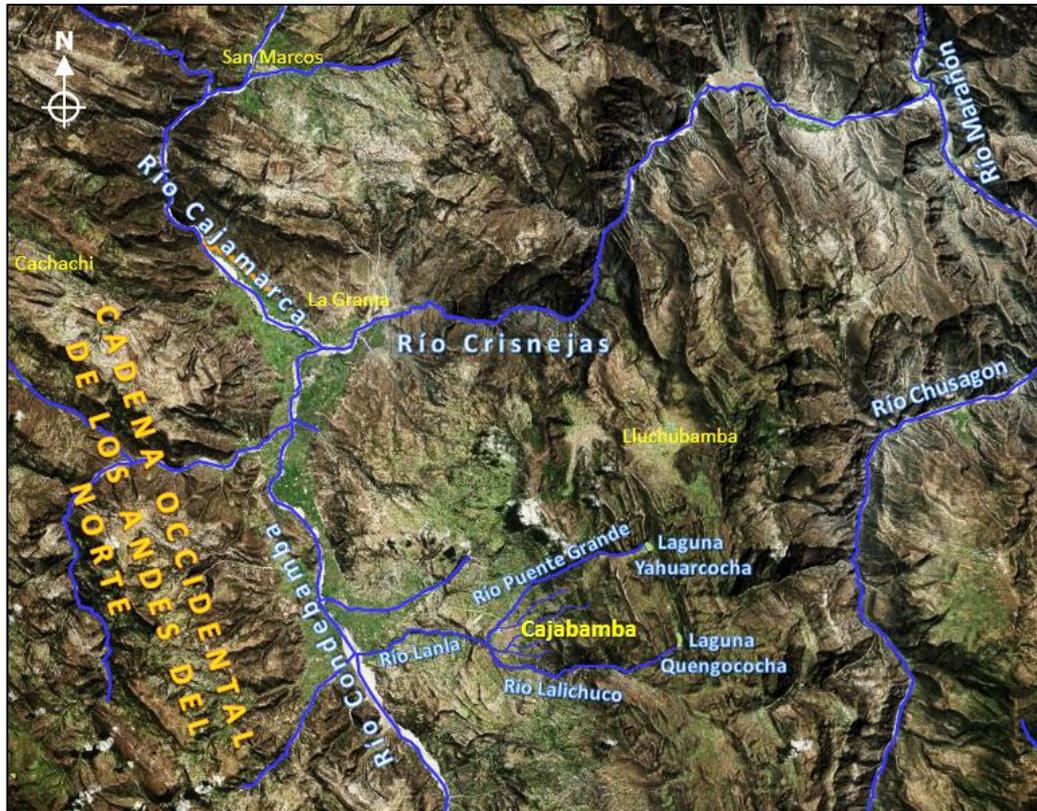


Figura 3.4. Mapa Hidrográfico de Cajabamba
Fuente: Imagen satelital de Bing Maps.

3.2 INDICADORES SOCIALES

3.2.1 Demografía

Según datos estadísticos del “Censo de Población y Vivienda 2007” del INEI y de la RENIEC, la población al 2017 de la zona urbana de la ciudad de Cajabamba es de 17 551 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional promedio del 2% anual, representando el 20.1% de la población provincial. La población mayor de edad es de 11 584 habitantes (66%) y la población menor de edad es de 5 967 habitantes (34%). Según el sexo la población masculina es de 8 249 habitantes (47%) y la población femenina es de 9 302 habitantes (53%).

3.2.2 Salud

Los establecimientos de salud con los que cuenta la zona urbana de la ciudad de Cajabamba son 1 Centro Materno, 4 Hospitales y 1 Posta Médica. Según los datos estadísticos del MINSA, al 2010, por cada 10 mil habitantes había 3.5 médicos. En el “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, se muestran los indicadores más altos de morbilidad en niños menores de 5 años, en primer lugar, las enfermedades respiratorias agudas con 47.4% y, en segundo lugar, las enfermedades diarreicas agudas con 17.6%. La primera causa de mortalidad es la neumonía con 40.3% y la segunda causa es la asfixia con 21.5%.

3.2.3 Educación

En el “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, se muestra que en la zona urbana de la ciudad de Cajabamba se cuenta con 25 Instituciones Educativas Públicas y 4 Instituciones Educativas Privadas, divididas entre los diversos niveles: Inicial No Escolarizado, Educación Básica Regular, Educación Básica Alternativa, Básica Especial, Técnico Productiva y Superior No Universitaria. Además, en el nivel de instrucción, sólo el 16% del total de la población no tiene nivel educativo, el 3% tiene inicial, el 50% tiene primaria (nivel educativo más alto de la población), el 18% secundaria, el 11% tiene estudio superior no universitario y uno de los más bajos es el de universitaria completa con 2%. Cabe resaltar que el analfabetismo representa un 13%, reflejando la situación del sistema educativo.

3.2.4 Vivienda

Según la información del “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, la ciudad de Cajabamba cuenta con 3 337 viviendas distribuidas entre Comercio (609 viviendas), Multifamiliares (60 viviendas), Taller (42 viviendas) y Unifamiliares (2 626 viviendas). Siendo un promedio de 5 personas por vivienda.

En su mayoría, un 75.6% de las edificaciones de la ciudad son de material de adobe con coberturas o techumbres compuestas de tijerales de madera y tejas artesanales en su mayoría, también calaminas y eternit. Muchas de estas edificaciones son auto construidas sin tomar en cuenta las normas técnicas de edificación, encontrándose levantadas sobre relieves de parcelas, chacras agrícolas y otras pegadas en caminos curvilíneos en pendientes, siendo

vulnerables ante las intensas lluvias. En su mayoría estas viviendas tienen una antigüedad superior a 20 años y son de 2 pisos.

Las edificaciones con material de ladrillo representan el 24.1%, usado mayormente en infraestructuras relativamente nuevas como hoteles, tiendas, equipamientos urbanos y viviendas residenciales, que son superiores a 2 pisos.

3.2.5 Servicio Eléctrico

En el “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, se muestra que el servicio de energía eléctrica en la zona urbana de la ciudad de Cajabamba tiene una cobertura del 97.4% dentro de la vivienda y un 2.6% de escasez del servicio. Además, el servicio de alumbrado público tiene una cobertura del 59.7%, frente a un 40.3% que carece de alumbrado.

3.2.6 Servicio de Agua y Desagüe

Según la información del “Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Cajabamba 2016-2026”, la zona urbana de la ciudad de Cajabamba cuenta con un servicio de cobertura de agua potable en la que sólo el 87% cuenta con red pública dentro de la vivienda y el 13% tiene que extraer agua de un pilón de uso público, pozo, acequia, río, vecino, etc.

La cobertura de red pública de desagüe dentro de la vivienda representa el 72%, mientras el 28% carece de servicio distribuyéndose en el uso de letrinas, pozos sépticos y la evacuación a quebradas o acequias. En algunos casos las aguas pluviales, suelen evacuarse a la red pública de desagüe.

3.3 GEOLOGÍA Y SUELOS

3.3.1 Características Geológicas

En el Cuadro 3.1 se clasifica geológicamente a la zona de estudio, que se encuentra cubierta por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico. Las características geológicas que se presentan están relacionadas a su origen, tectónica y cronología.

En la zona urbana de la ciudad de Cajabamba predominan las Formaciones de Condebamba y los Depósitos Aluviales del Cuaternario, que se presentan inconsolidados y están conformados por gravas de diversos tamaños. Mientras

que en la zona de las quebradas predominan principalmente las siguientes formaciones (ver Figura 3.5):

- Depósitos Aluviales (Qh-al): Son depósitos Cuaternarios del Holoceno que se acumulan en los flancos de los valles y quebradas tributarias, conformado por conglomerados polimícticos poco consolidados, con clastos de tamaño heterogéneo englobados en una matriz limo arcillosa. Estos depósitos aluviales representan el 3.3% del área de estudio.
- Formación Chicama (Js-chic): Predominan las rocas sedimentarias como las lutitas negras laminares, deleznable, con delgadas intercalaciones de areniscas grises. Por su contenido de material limo-arcillosos suelen ser suelos negruzcos y blandos, favoreciendo al desarrollo de una topografía suave. Esta formación representa el 7.1% del área de estudio.
- Formación Farrat (Ki-f): Subyace con aparente concordancia a la formación Inca, dando la impresión de tratarse de un paso gradual. Consiste en rocas metamórficas como las cuarcitas y rocas sedimentarias como las areniscas blancas de grano medio a grueso. Sus grosores en promedio son de 500 m. Esta formación representa el 19.9% del área de estudio.
- Formación Inca (Ki-in): Infrayace concordantemente a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat, con un aparente paso transicional. La conforman rocas sedimentarias como las areniscas calcáreas y lutitas ferruginosas, y rocas metamórficas como lechos de cuarcitas, dando una superficie de coloración rojiza y amarillo-anaranjado, con evidente acción de limonitización. Su grosor no pasa de los 100 m. Esta formación representa el 8.0% del área de estudio.
- Formación Chúlec (Ki-chu): Suprayace a la formación Inca e infrayace a la formación Pariatambo. Consiste en una secuencia de rocas sedimentarias como las calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, de color crema-amarillento, sus grosores varían de 200 m a 250 m. Las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados. Esta formación representa el 21.1% del área de estudio.
- Formación Pariatambo (Ki-pa): Yace concordantemente sobre la formación Chúlec e infrayace a la formación Yumagual. La conforman las rocas sedimentarias como las lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas

negruzcas, su espesor oscila entre los 150 a 200 m. Esta formación representa el 11.4% del área de estudio.

- Formación Yumagual (Ks-yu): Suprayace con leve discordancia a la formación Pariatambo. Consiste en una secuencia de rocas sedimentarias como las margas y calizas gris parduzcas en bancos más o menos uniformes. Tiene un grosor aproximado de 700 m. Esta formación representa el 29.2% del área de estudio.

Cuadro 3.1. Clasificación geológica de la zona de estudio

Era	Periodo	Época	Descripción	Código
Mesozoico	Jurásico	Superior	Formación Chicama	Js-chic
	Cretácico	Inferior	Formación Chulec	Ki-chu
			Formación Farrat	Ki-f
			Formación Inca	Ki-in
			Formación Pariatambo	Ki-pa
		Superior	Formación Yumagual	Ks-yu
Cenozoico	Neógeno	Pliocena	Formación Condebamba	Np-Co
	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales	Qh-al

Fuente: MPC. PATPC 2016-2026. 2016.

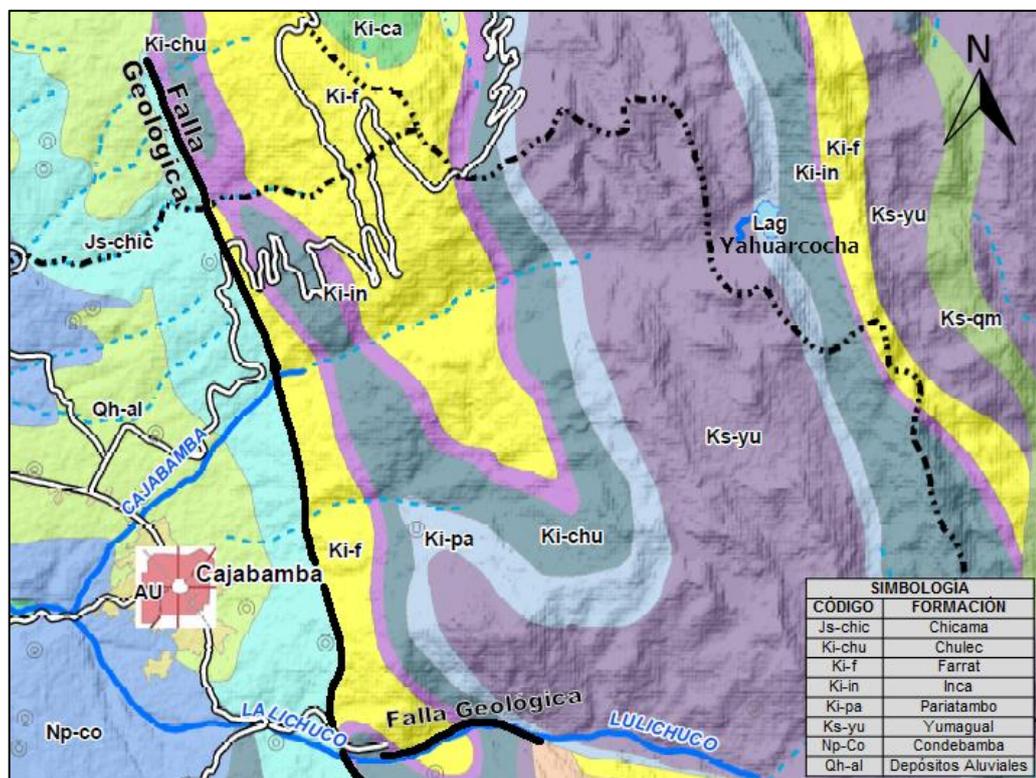


Figura 3.5. Mapa geológico de la zona de estudio

Fuente: MPC. PATPC 2016-2026. 2016.

3.3.2 Características Geomorfológicas

En la zona de estudio, la geomorfología de origen Agradacional se ubica sobre la Planicie de Terraza Alta con la concentración de depósitos aluviales. Mientras que la de origen Estructural-erosional se ubica sobre las Colinas y Montañas que van desde moderadamente empinadas a muy empinadas sobre rocas del cretáceo inferior y superior. Esta característica es favorable a la concentración de flujos sólidos, siendo frecuentes los procesos de geodinámica externa.

3.3.3 Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo

En el estudio de “Cobertura Vegetal y Uso Actual – Departamento de Cajamarca” del Gobierno Regional de Cajamarca, se clasifica y describe de manera general las diferentes categorías de cobertura vegetal y uso de la tierra en el departamento de Cajamarca. Para la zona de estudio, los resultados se clasifican en las siguientes unidades puras y asociaciones (ver Figura 3.6):

- Cuerpos de Agua (Ca): Conformada por las lagunas existentes, constituyendo un gran potencial hídrico de la zona, pues alberga una gran biodiversidad en flora y fauna silvestre. Esta zona se usa para actividades de pastoreo y turismo. Esta unidad pura representa el 0.3% del área de estudio.
- Áreas Urbanas (Au): Se refiere a las tierras utilizadas para el desarrollo de todas las actividades urbanas como el comercio, educación, salud, vivienda, vías, etc. Esta unidad pura representa el 0.1% del área de estudio.
- Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva (M): Se refiere a las tierras utilizadas para las actividades agrícolas de siembra y cosecha de cultivos transitorios, en mayor parte de secano. Estas tierras se encuentran asociados a pastos y vegetación arbustiva, encontrándose ocupadas por suelos moderadamente desarrollados. Esta unidad pura representa el 43.2% del área de estudio.
- Tierras con Plantaciones Forestales y Vegetación Arbustiva (F-Va): Se refiere a las tierras donde se conservan las áreas con plantaciones forestales, mayormente de pinos y por arbustos relativamente densos. Esta asociación representa el 6.7% del área de estudio.
- Tierras con Vegetación Arbustiva, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos (Va-Ve): Conformada por vegetación arbustiva más tierras de escasa

vegetación y afloramientos rocosos. La vegetación arbustiva está conformada por diversos arbustos densos, sobre todo durante el periodo de lluvias. Esta asociación representa el 7.8% del área de estudio.

- Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos (Pn-Ve): Conformada por pastos naturales, tierras con escasa vegetación y presencia de afloramientos rocosos. Se ubica en las zonas altas con la presencia de pastos naturales en mal estado de desarrollo y pajonales asociado con afloramientos rocosos y suelos esqueléticos muy erosionados. Esta asociación representa el 41.9% del área de estudio.

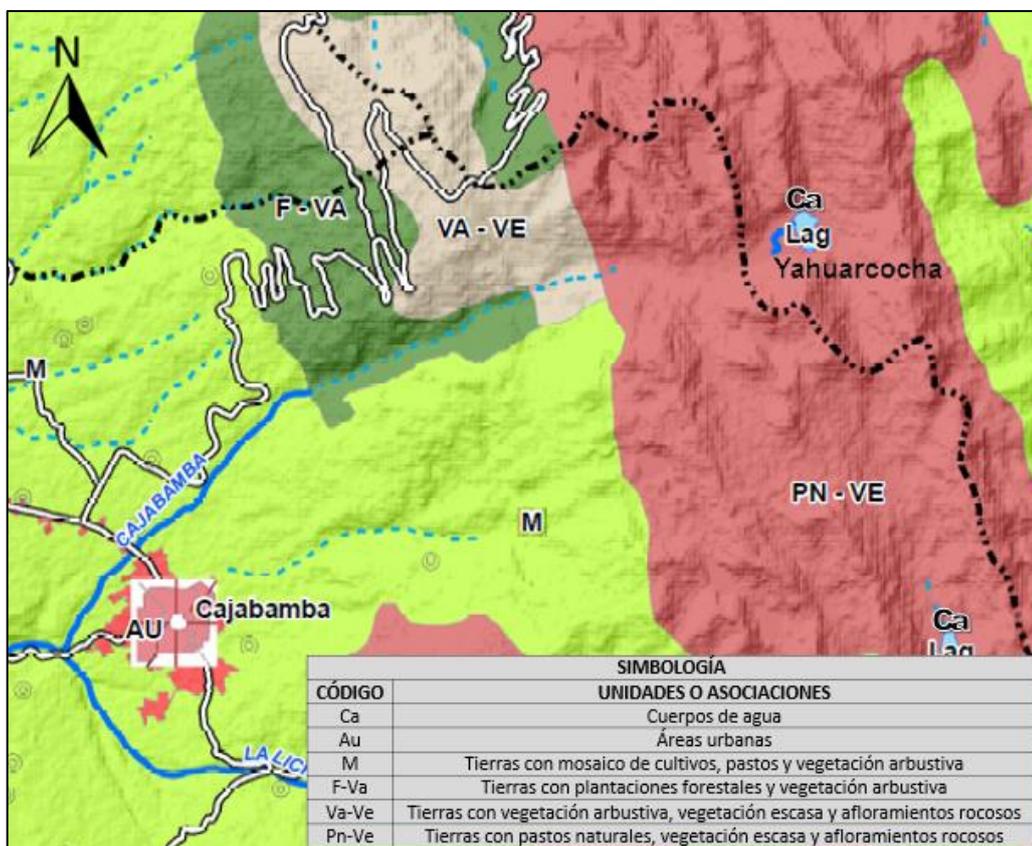


Figura 3.6. Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo de la zona de estudio

Fuente: MPC. PATPC 2016-2026. 2016.

3.3.4 Estudio de Mecánica de Suelos

En el año 2011, la Municipalidad Provincial de Cajabamba, desarrolló el proyecto de “Construcción del Puente sobre la Quebrada Tacshana en la Av. Leoncio Martínez Vereau”, en el que se realizó un estudio de mecánica de suelos en el lugar de emplazamiento del puente, ubicado dentro de la zona urbana de la ciudad

de Cajabamba. Para ello se realizó manualmente 1 calicata, en pozo a cielo abierto de 2.60 m de profundidad, obteniéndose los siguientes resultados (ver Cuadro 3.2):

- Se obtuvo 2 estratos, formados por arenas mal graduadas, arenas con gravas, arenas limosas, mezclas de arenas con limo mal graduadas de color amarillento oscuro.
- Hasta la profundidad de 2.60 m, no se encontró Nivel Freático.

Cuadro 3.2. Estudio de mecánica de suelos en la quebrada Tacshana

CALICATA N° 01	ESTRATO 1	ESTRATO 2
Muestras	M-1, E-1	M-2, E-2
Profundidad (m)	0.00 a -0.90	-0.90 a -2.60
% pasa Tamiz N° 4	59.87	63.28
% pasa Tamiz N° 200	12.07	10.18
Límite Líquido	20.8	21.85
Límite Plástico	NP	NP
Índice de Plasticidad	NP	NP
Peso Específico (gr/cm ³)	1.54	1.53
Contenido de Humedad	3.01%	3.39%
Clasificación SUCS	SW-CL	SM
Clasificación AASHTO	A-1-b	A-1-a

Fuente: MPC. Construcción del puente sobre la quebrada Tacshana en la Av. Leoncio Martínez Vereau. 2011.

3.3.5 Geodinámica Externa

En el área de estudio se registran evidencias de fenómenos de remoción de masa como deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujo de detritos y huaicos. Estos se desarrollan principalmente cuando el agua se acumula rápidamente en el suelo a raíz de las precipitaciones intensas. Algunas de ellas ya han causado desastres dentro de la zona urbana de la ciudad de Cajabamba, como el huaico de la quebrada Ysmayacu ocurrido el día domingo 3 de marzo del año 2002.

También se evidencian fenómenos de flujo hídrico consistentes en erosión y socavación de riveras, inundación y erosión por escorrentía. El proceso de disgregación y transporte de las partículas del suelo por acción de las aguas pluviales se observan en la zona de camino al Ojo del Lanla, ubicado en la parte baja de la ciudad y es el lugar donde gran parte de las aguas pluviales son

descargadas y destruyen constantemente la única vía de comunicación entre la ciudad de Cajabamba y las comunidades de Churrucana, Higosbamba, Hichabamba y Colcas (ver Fotografía 3.2).



Fotografía 3.2. Proceso de disgregación por acción de las aguas pluviales en el camino hacia el Ojo de Lanla

Fuente: Fotografía propia. 2016-2017.

3.3.6 Geodinámica Interna

En la ciudad de Cajabamba se tiene un bajo índice de eventos desastrosos relacionados a movimientos sísmicos. Según el mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas de INDECI, clasifica a la ciudad de Cajabamba como zona de intensidad sísmica VI en la escala de Mercalli Modificada, cuyo rango va desde la intensidad IV hasta la intensidad XI. En el estudio del “Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Cajabamba 2016-2026” se presencia una falla geológica en la dirección de sur a norte a lo largo de todas las quebradas.

3.4 TOPOGRAFÍA

3.4.1 Información Topográfica

Para la correcta aplicación de los modelos de simulación, se requiere contar con la información topográfica existente en la zona urbana de la ciudad de Cajabamba y de las 6 quebradas en estudio. Para ello, se realizó un inventario preliminar que comprendió en la recopilación de los mapas, planos e información aerofotogramétrica, que a continuación se indica, y que han sido utilizados para la elaboración de los mapas que se muestran en la presente tesis:

- Carta Nacional, a la escala 1:100 000, levantada por el IGN por métodos estereofotogramétricos de fotografías aéreas tomadas en 1962 y 1963. De estas cartas, se han utilizado las siguientes hojas: Cajabamba (16 G) y Pataz (16 H).
- Planos de Levantamiento Topográfico del urbanismo a nivel superficial (con curvas de nivel cada 2 m) y a nivel de alcantarillado de la ciudad de Cajabamba, proporcionados por la Municipalidad Provincial de Cajabamba.
- Planos de Catastro Urbano de la ciudad de Cajabamba, elaborados por COFOPRI en el año 2009.
- Cartografía Geológica, a la escala 1:100 000, disponible de la base del INGEMMET. De estas cartas, se han utilizado las siguientes hojas: Cajabamba (16 G) y Pataz (16 H).
- Estudio del marco geológico provincial, considerando los aspectos litológicos, estructurales, procesos geodinámicos, uso actual del suelo, cobertura vegetal y del patrimonio forestal, proporcionados por la Municipalidad Provincial de Cajabamba en el "Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Cajabamba 2016 - 2026".
- Imágenes satelitales de Bing Maps y Google Earth Pro v.7.1.5.1557.

En la Figura 3.7 se muestra la topografía y la identificación de las quebradas que atraviesan longitudinalmente a la ciudad de Cajabamba. Como se observa, es necesario realizar un estudio hidrológico de las 6 quebradas para poder determinar el caudal máximo para un determinado periodo de diseño y con ello identificar las zonas de peligro de desborde e inundación y ubicar adecuadamente los vertidos del sistema de drenaje pluvial.

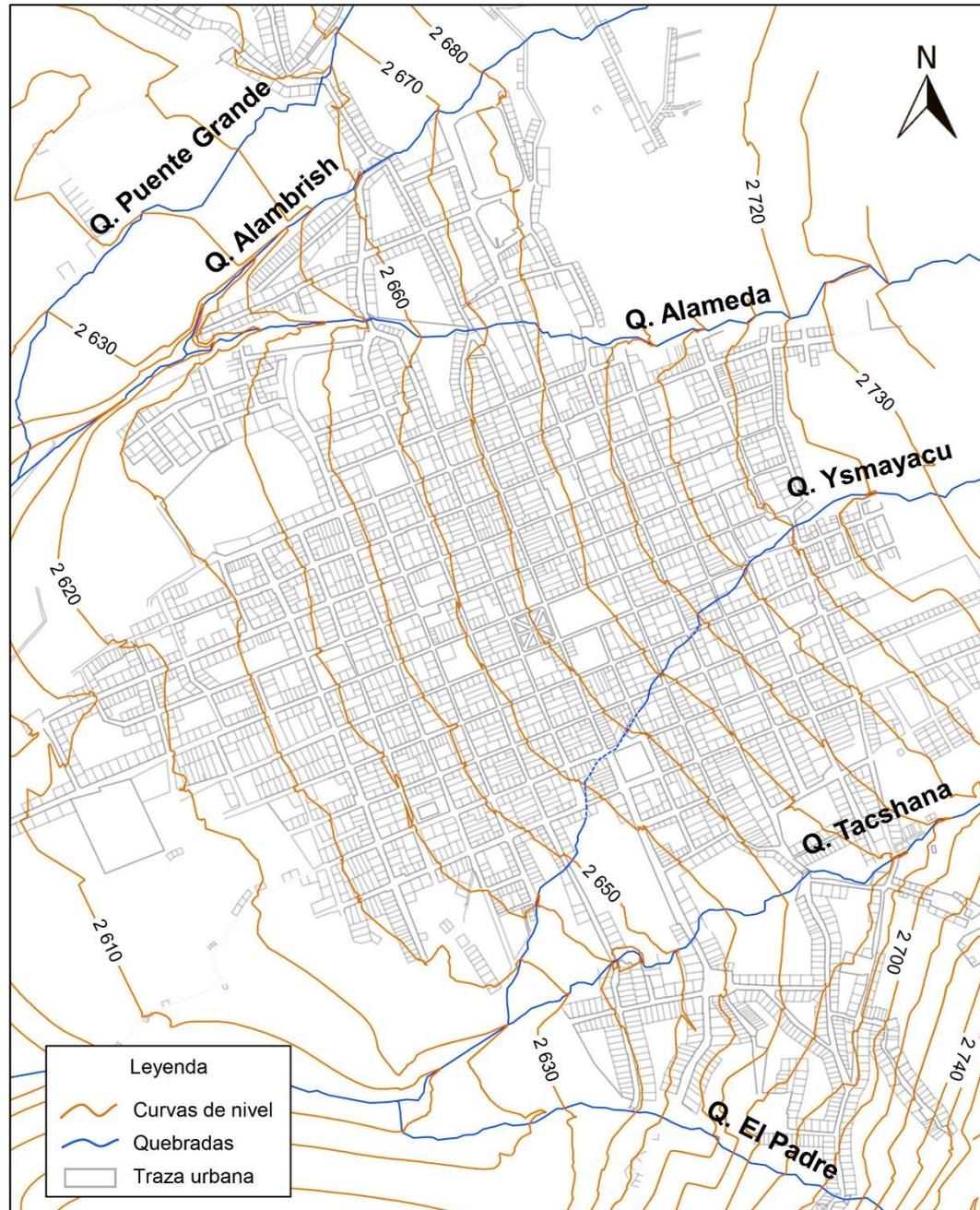


Figura 3.7. Topografía e identificación de quebradas de la ciudad de Cajabamba
Fuente: Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano y Social de la MPC. 2016.

3.4.2 Inspección de Campo

Para la validación de la información topográfica y recopilación de información faltante de los planos proporcionados, se realizaron 4 visitas a la zona de estudio en las temporadas de invierno (agosto 2016), primavera (octubre 2016 y noviembre 2017) y verano (marzo 2017). Logrando observar toda la zona urbana de la ciudad y las quebradas, desde la naciente del cauce principal hasta el ingreso

y salida de la ciudad. En la Fotografía 3.3 se observa una vista panorámica de la ciudad desde la cumbre de la quebrada Tacshana. Además se identificó las posibles marcas de agua (huellas hídricas) en puntos estratégicos de la zona de estudio para la calibración de los modelos hidrológicos (ver Anexo E).

Se ha observado que las quebradas presentan una topografía accidentada con fuertes pendientes, angostos terraplenes adyacentes al cauce principal de cada quebrada en las partes altas y laderas poco inclinadas en las partes bajas. Los cauces son de gran pendiente y transportan una gran cantidad de sedimentos. A su paso por la zona urbana de la ciudad, los cauces de las quebradas Puente Grande y Alameda son de gran profundidad y estos aumentan considerablemente cuando se unen los cauces de las quebradas Alambrih y Alameda, formando parte del cauce de la quebrada Puente Grande, para finalmente desembocar al río Lalichuco cerca de la zona conocida como La Peña del Olvido. En cambio, los cauces de las quebradas Ysmayacu, Tacshana y El Padre son poco profundas; pero son las de mayor recorrido dentro de la zona urbana de la ciudad.

La ciudad de Cajabamba presenta una configuración de calles rectas, parecido a un tablero de ajedrez, con manzanas casi perfectas. En la primera fotografía aérea de la ciudad de Cajabamba del año 1968 (ver Figura 3.8), se observa la misma configuración; pero comparando con actuales imágenes satelitales (ver Figura 3.9), se observa que hubo una gran invasión de las riveras de los cauces de las quebradas, hasta el punto de ser tapadas por estructuras urbanas (edificaciones y calles), tal como sucede con las quebradas Ysmayacu y Alambrih.



Fotografía 3.3. Vista panorámica de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Fotografía propia. 2016.



Figura 3.8. Fotografía aérea de la ciudad de Cajabamba del año 1968
Fuente: Lara, O. A. Ventanas de Mi Tierra: La Fotografía en Cajabamba. 2005.



Figura 3.9. Imagen satelital de la ciudad de Cajabamba del año 2016
Fuente: Bing Maps. 2016.

3.5 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

3.5.1 Análisis de la Información Pluviométrica

La información pluviométrica utilizada fueron registros históricos de Precipitación Máxima en 24 horas Mensual en mm, obtenidos del Servicio Nacional de

Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Debido a las pocas estaciones meteorológicas disponibles dentro de la cuenca hidrográfica Crisnejas (1 estación por cada 700 km²), se usaron las estaciones que se encuentran dentro de un radio de 80 km a la zona de estudio (ver el Plano "PL-01: Ubicación de Estaciones Meteorológicas" en el Anexo J). Las estaciones meteorológicas empleadas se muestran en el Cuadro 3.3 y su información histórica en el Anexo B.

Los datos de precipitación máxima anual en 24 horas se obtuvieron considerando el año hidrológico (de setiembre a agosto), luego se hizo una prueba de datos dudosos por el método del Water Resources Council (1981), siendo las estaciones Jesús, Cachachi y Cachicadan las únicas que presentaron datos dudosos.

Cuadro 3.3. Cuadro resumen de las estaciones meteorológicas utilizadas

Estación	Dpto.	Cuenca	Altitud (msnm)	Latitud (S)	Longitud (W)	Años de Inf.
Vertiente del Atlántico						
1. San Marcos	Cajamarca	Crisnejas	2190	7°19'21"	78°10'21"	49
2. Jesús	Cajamarca	Crisnejas	2495	7°14'44"	78°23'18"	17
3. Cajabamba	Cajamarca	Crisnejas	2612	7°37'18"	78°03'04"	43
4. Augusto Weberbauer	Cajamarca	Crisnejas	2660	7°10'03"	78°29'35"	75
5. La Encañada	Cajamarca	Crisnejas	2980	7°07'23"	78°19'58"	17
6. Cachachi	Cajamarca	Crisnejas	3200	7°27'03"	78°16'07"	47
7. Huamachuco	La Libertad	Crisnejas	3290	7°49'09"	78°02'24"	47
Vertiente del Pacífico						
8. Mollepata	La Libertad	Santa	2580	8°11'30"	77°57'15"	51
9. Cachicadan	La Libertad	Santa	2890	8°05'30"	78°08'58"	48
10. Julcan	La Libertad	Moche	3170	8°02'33"	78°29'09"	50
11. Salpo	La Libertad	Moche	3250	8°00'01"	78°37'01"	17
12. Granja Porcon	Cajamarca	Jequetepeque	3261	7°02'15"	78°37'45"	45
13. Huangacocha	La Libertad	Moche	3595	7°56'14"	78°40'06"	17
14. Quiruvilca	La Libertad	Moche	3980	8°00'15"	78°18'28"	49
15. Huacamarcanga	La Libertad	Santa	4000	8°07'17"	78°17'35"	43

Fuente: Elaboración propia.

Con la información sometida al análisis de datos dudosos, se realizó el análisis probabilístico de la serie de datos de cada estación a las distribuciones Normal, Gumbel, LogNormal de 2 parámetros y Log-Pearson tipo III, mediante la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov con un nivel de significancia del 5%, determinando el mejor ajuste de las distribuciones. Estos cálculos fueron

realizados en el software HidroEsta 2, que es de uso libre, desarrollado en la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica por Máximo Villón Béjar. Los resultados se muestran en el Cuadro 3.4.

Como el delta teórico es menor que el delta tabular, la mayoría de las estaciones meteorológicas se ajustan mejor a la distribución LogNormal. Por lo tanto, ésta distribución se generaliza para todas las estaciones.

Cuadro 3.4. Cuadro resumen de la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov

Estación	Delta Tabular	Delta Teórico				Mejor Ajuste
		Normal	Gumbel	LogNormal	LogPearson tipo III	
Vertiente del Atlántico						
1. San Marcos	0.194	0.117	0.157	0.127	No se ajusta	Normal
2. Jesús	0.340	0.153	0.121	0.136	0.125	Gumbel
3. Cajabamba	0.207	0.087	0.063	0.053	No se ajusta	LogNormal
4. Augusto Weberbauer	0.157	0.129	0.093	0.082	No se ajusta	LogNormal
5. La Encañada	0.330	0.162	0.170	0.152	No se ajusta	LogNormal
6. Cachachi	0.201	0.080	0.091	0.077	No se ajusta	LogNormal
7. Huamachuco	0.198	0.086	0.077	0.071	No se ajusta	LogNormal
Vertiente del Pacífico						
8. Mollepata	0.190	0.107	0.051	0.051	0.048	LogPearson tipo III
9. Cachicadan	0.201	0.102	0.064	0.050	No se ajusta	LogNormal
10. Julcan	0.192	0.069	0.052	0.044	No se ajusta	LogNormal
11. Salpo	0.330	0.123	0.187	0.166	No se ajusta	Normal
12. Granja Porcon	0.203	0.094	0.087	0.085	No se ajusta	LogNormal
13. Huangacocha	0.330	0.109	0.105	0.099	0.095	LogPearson tipo III
14. Quiruvilca	0.194	0.098	0.167	0.210	No se ajusta	Normal
15. Huacamarcanga	0.207	0.132	0.071	0.069	No se ajusta	LogNormal

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Análisis Regional

Para la determinación del promedio de la Precipitación Máxima en 24 horas (PMáx24h) en las zonas de interés de las cuencas de estudio, se decidió realizar un Análisis Regional. En base a las características meteorológicas y a los mapas del Atlas Eólico del Perú, se observa que dentro de la cuenca hidrográfica Crisnejas, los vientos tienden a ir de la dirección este a oeste hasta la cordillera occidental de los Andes. Mientras que en la Vertiente del Pacífico, los vientos ascienden del Océano Pacífico hacia los andes.

El efecto del viento y las características orográficas permiten deducir que en los Valles de los ríos Condebamba y Cajamarca, las mayores precipitaciones se presentan al este y las menores al oeste. Además la variación del patrón orográfico no es significativo; por lo tanto, se decide considerar a las coordenadas geográficas de Longitud como una variable independiente y la Precipitación Máxima en 24 horas como una variable dependiente.

Mediante el análisis regional se calculó los parámetros estadísticos de promedio (media) y desviación estándar de los logaritmos de las PM_{24h} en función de la coordenada geográfica de Longitud. Estos valores se corrigieron según las estimaciones estadísticas indicadas en el “Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)” de la World Meteorological Organization (WMO), basada en los estudios de Hershfield (1961). Los cuales son correcciones a la media y variación estándar por el evento máximo observado y por el tamaño de la muestra (ver Figuras B.1 y B.2 del Anexo B). Los cálculos realizados para la obtención de estos valores se muestran en los Cuadros B.1 y B.2 del Anexo B.

Cuadro 3.5. Precipitaciones máximas en 24 h, Media y Desviación Estándar corregidas

Estación	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Media Corregida de Logaritmos (mm)	Desviación Estándar Corregido de Logaritmos (mm)
Vertiente del Atlántico				
1. San Marcos	9189617	812204	1.569	0.109
2. Jesús	9198276	788405	1.508	0.100
3. Cajabamba	9156416	825397	1.575	0.134
4. Augusto Weberbauer	9206978	776881	1.436	0.110
5. La Encañada	9211797	794623	1.653	0.085
6. Cachachi	9175480	801497	1.530	0.140
7. Huamachuco	9134545	826473	1.579	0.101
Vertiente del Pacífico				
8. Mollepata	9093316	836046	1.398	0.134
9. Cachicadan	9104467	814184	1.498	0.138
10. Julcan	9110153	777116	1.504	0.153
11. Salpo	9114911	762684	1.456	0.121
12. Granja Porcon	9221441	761913	1.664	0.113
13. Huangacocha	9121920	757056	1.603	0.087
14. Quiruvilca	9114270	796783	1.365	0.280
15. Huacamarcanga	9101286	798321	1.377	0.239

Fuente: Elaboración propia.

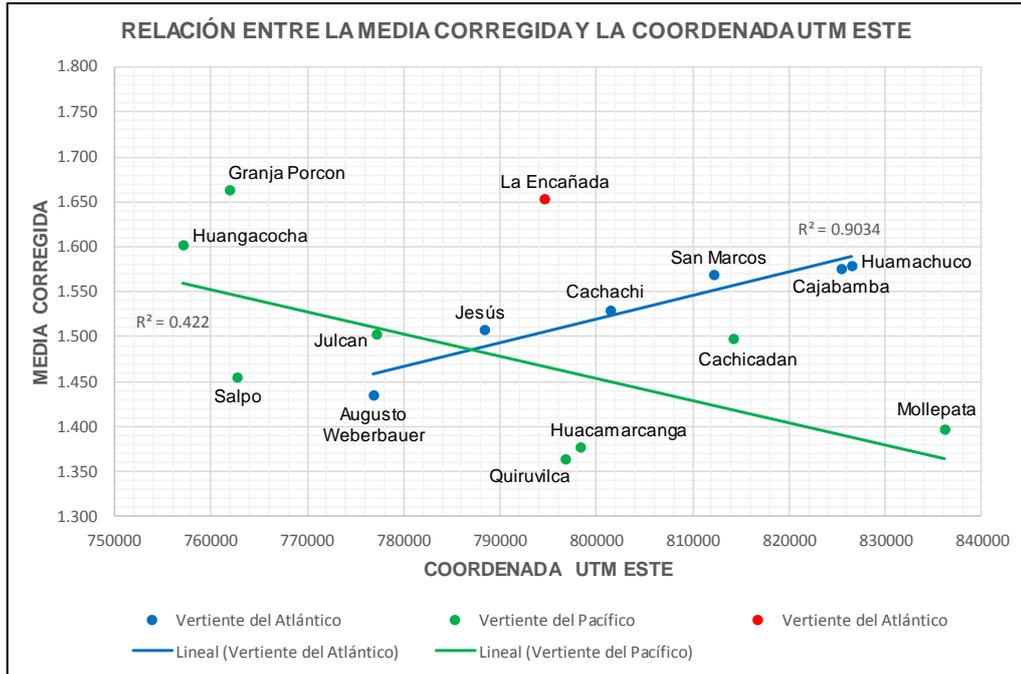


Figura 3.10. Gráfico de la Media vs. Coordenada UTM Este
Fuente: Elaboración propia.

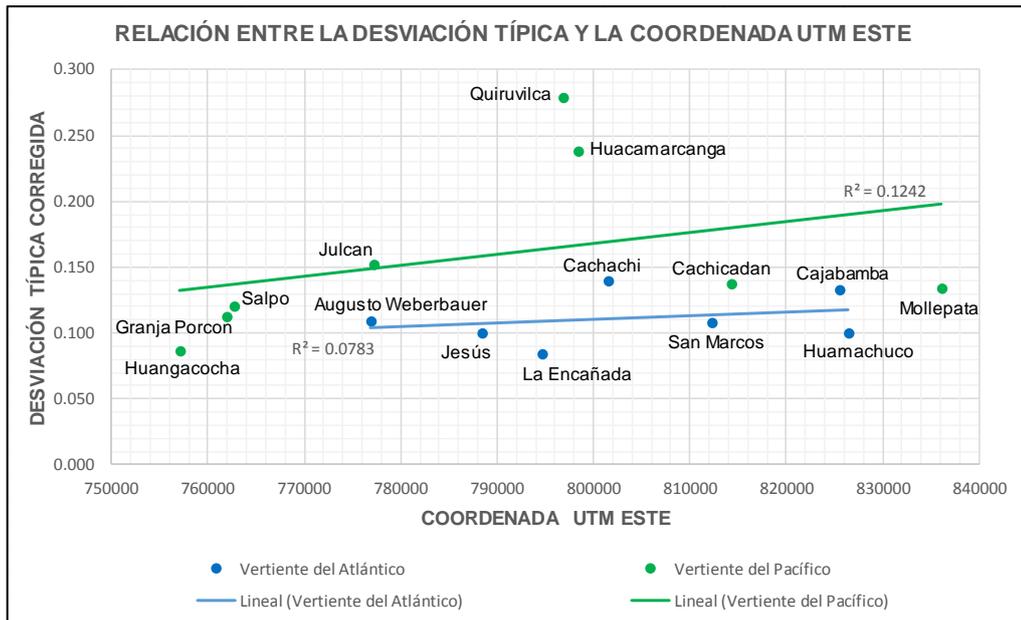


Figura 3.11. Gráfico de la Desviación Estándar vs. Coordenada UTM Este
Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 3.5 se muestran los valores corregidos para la media y desviación estándar de los logaritmos de las PM_{24h} de cada estación meteorológica. Con esta información obtenemos el gráfico de la Figura 3.10 que relaciona la Media de los logaritmos de las PM_{24h} vs. Longitud (en coordenadas Este de UTM,

sistema WGS84) y el gráfico de la Figura 3.11 que relaciona la Desviación Estándar de los logaritmos de las PMáx 24h vs. Longitud (en coordenadas Este de UTM, sistema WGS84).

De los gráficos obtenidos, observamos que el comportamiento de las estaciones ubicadas en la Vertiente del Pacífico es muy diferente a las ubicadas en la Vertiente del Atlántico. Es por ello que se opta por trabajar solamente con las estaciones pertenecientes a la Vertiente del Atlántico y para un mejor ajuste de la media corregida se descarta la información de la Estación La Encañada, por ser la que se aleja del ajuste general, obteniéndose un coeficiente de correlación de 0.95.

Por lo tanto, del análisis regional se obtiene la siguiente ecuación:

$$\log(\bar{P}_{Máx24h}) = 2.621696 \times 10^{-6} \times (E - UTM) - 0.57802 \quad (3.1)$$

Dónde:

$\bar{P}_{Máx24h}$: Media de la Precipitación Máxima en 24 horas
 $E - UTM$: Coordenada Este - UTM

Además, se considera la desviación estándar de la estación meteorológica Cajabamba como el patrón convectivo representativo, por ser la más cercana a la zona de estudio.

3.5.3 Periodo de Diseño de la Lluvia

La antigüedad de los puentes, donde se midieron las huellas hídricas, es de aproximadamente 10 años; por lo tanto se consideró este periodo de retorno de la lluvia para realizar la calibración de los parámetros de ingreso al modelo hidrológico HEC-HMS. Mientras que para la estimación del nivel de agua de las quebradas dentro de la zona urbana de la ciudad, que atraviesan las vías urbanas principales, secundarias y locales, se consideró una lluvia de diseño con periodo de retorno de 100 años (Drenaje Pluvial Urbano, CONAGUA México, 1996).

Utilizando la ecuación 3.1, obtenemos la media de los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 horas correspondiente a cada quebrada de estudio. El cálculo de la magnitud de eventos extremos, se obtiene con la ecuación 2.8, propuesta por Chow (1951). El factor de frecuencia se obtiene del Cuadro 2.2.

En el Cuadro 3.6 se muestran las Precipitaciones Máximas en 24 horas para los periodos de retorno de 10 y 100 años correspondientes a las quebradas de estudio.

Cuadro 3.6. Cuadro de precipitación máxima en 24 horas en las quebradas para los $Tr=10$ años y $Tr=100$ años

Quebrada	UTM-WGS84 Este (m)	log(P24) (mm)	Desviación Estándar (mm)	Precipitación (mm)	
				Tr=10 años	Tr=100 años
Puente Grande	831436	1.602	0.134	59.3	81.9
Alambrish	827368	1.591	0.134	57.9	79.9
Alameda	830541	1.599	0.134	59.0	81.4
Ysmayacu	828511	1.594	0.134	58.3	80.4
Tacshana	827769	1.592	0.134	58.0	80.1
El Padre	827243	1.591	0.134	57.9	79.8

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Hietograma de Diseño

Debido a que no se cuenta con un pluviograma en la zona de estudio, se utilizó el método IILA-SENAMHI-UNI para determinar la distribución de la precipitación en el tiempo. Según la Figura 2.2, la zona de estudio pertenece a la Subzona Pluviométrica $5a_8$ y según el Cuadro 2.4 se considera un parámetro de duración $n=0.434$. Además, consideramos una duración de la lluvia de 16 horas y con la ecuación 2.10 se realizan los cálculos para la obtención de los coeficientes regionales de precipitaciones en diferentes periodos de diseño.

Para la distribución de la precipitación en cada quebrada se utiliza el método del Bloque Alterno (Chow, 1981), obteniendo el hietograma de precipitación de diseño en intervalos de tiempo sucesivos de duración 30 min. En el Anexo C se muestran los hietogramas de diseño para los periodos de retorno de 10 años y 100 años de las 6 quebradas de estudio.

3.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS DE INTERÉS

3.6.1 Parámetros Morfológicos

Para determinar los parámetros geomorfológicos, se ubicaron los puntos de medición de huellas hídricas en los puentes y alcantarillas de las 6 quebradas de

estudio. Estos puentes y alcantarillas se encuentran en la parte superior de la ciudad, lugar donde empieza la urbanización de las riveras de las quebradas. Se delimitó la cuenca en base al cauce principal, aguas arriba de los puntos de medición (ver Figura 3.12). En el Plano “PL-02: Ubicación y Delimitación de Cuencas Hidrográficas” del Anexo J se muestra el plano de ubicación y delimitación de las cuencas hidrográficas de las seis quebradas.

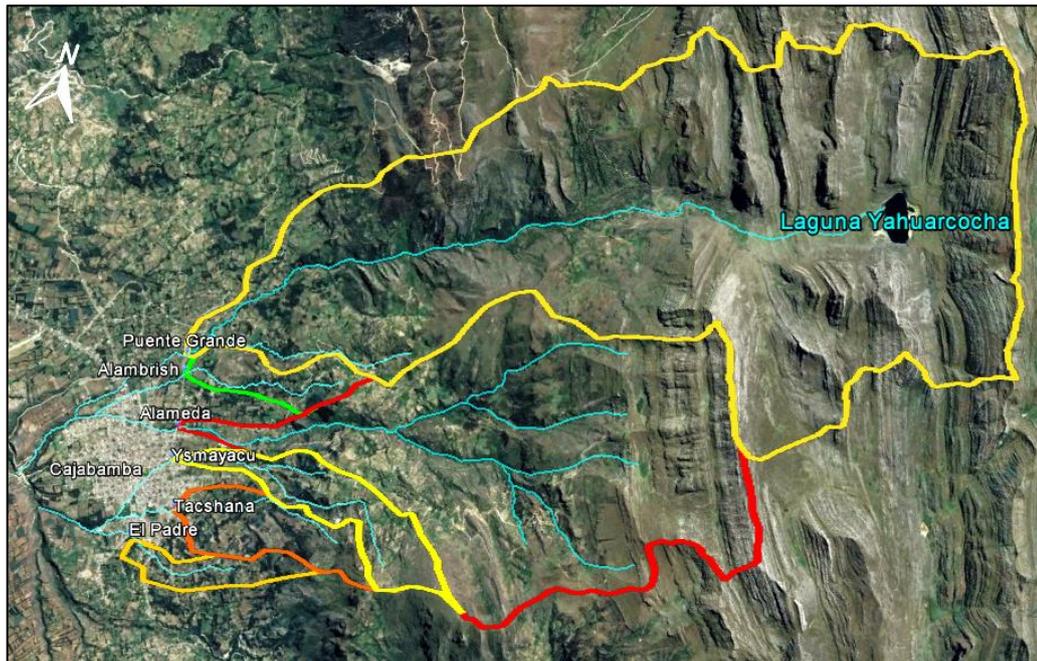


Figura 3.12. Delimitación de cuencas de las quebradas de estudio

Fuente: Imagen satelital de Google Earth Pro.

En el Cuadro 3.7 se muestran los parámetros morfológicos de las 6 quebradas de estudio. La quebrada Puente Grande es la que presenta mayor área y pendiente de cuenca, y la quebrada Tacshana presenta una mayor pendiente en su cauce principal. Los valores de los parámetros indican que estas cuencas son pequeñas y muy pequeñas de forma oval alargada, superficie escarpada con relieve pronunciado, drenaje alto y conformado por suelos erosionables. Además son de cauce encajonado con taludes casi verticales y gran pendiente en su recorrido que van de moderadamente empinado a fuertemente empinado.

Las características de las curvas hipsométricas indican que las cuencas se encuentran en una etapa de equilibrio y son geológicamente maduras, característica típica de las cuencas a pie de montaña (ver Figura 3.13).

En la Figura 3.14 se muestran los perfiles de los cauces principales de las 6 quebradas, siendo estas de gran pendiente por la gran diferencia de elevaciones en sus extremos, respecto a su recorrido.

Cuadro 3.7. Cuadro resumen de las características morfológicas de las cuencas de estudio

PARÁMETRO	CUENCA					
	Puente Grande	Alambrish	Alameda	Ysmayacu	Tacshana	El Padre
Parámetros de Dimensión						
Área (km ²)	25.71	0.96	12.19	1.66	1.47	0.74
Perímetro (km)	28.60	5.27	18.54	8.93	6.33	5.40
Longitud (km)	9.58	2.32	6.52	3.88	2.65	2.28
Ancho Medio (km)	2.68	0.41	1.87	0.43	0.55	0.33
Parámetros de Forma						
Factor de Forma (Kf)	0.28	0.18	0.29	0.11	0.21	0.14
Índice de Compacidad (Kc)	1.59	1.52	1.50	1.96	1.47	1.77
Razón de Elongación (Re)	0.60	0.48	0.60	0.37	0.52	0.43
Parámetros de Relieve						
Cota Máxima (msnm)	4500	3200	4300	3950	3600	3250
Cota Mínima (msnm)	2700	2700	2700	2700	2675	2640
Elevación Media - Curva Hipsométrica (msnm)	3805	2900	3681	3203	2982	2866
Pendiente de la Cuenca - Método de Alvord (m/m)	0.53	0.28	0.46	0.45	0.38	0.24
Cauce Principal						
Longitud (km)	8.27	2.26	6.28	3.46	2.28	1.40
Desnivel (msnm)	1200	420	1344	820	555	260
Pendiente Promedio - Fórmula de Taylor y Schwarz (m/m)	0.13	0.15	0.19	0.18	0.20	0.18

Fuente: Elaboración propia.

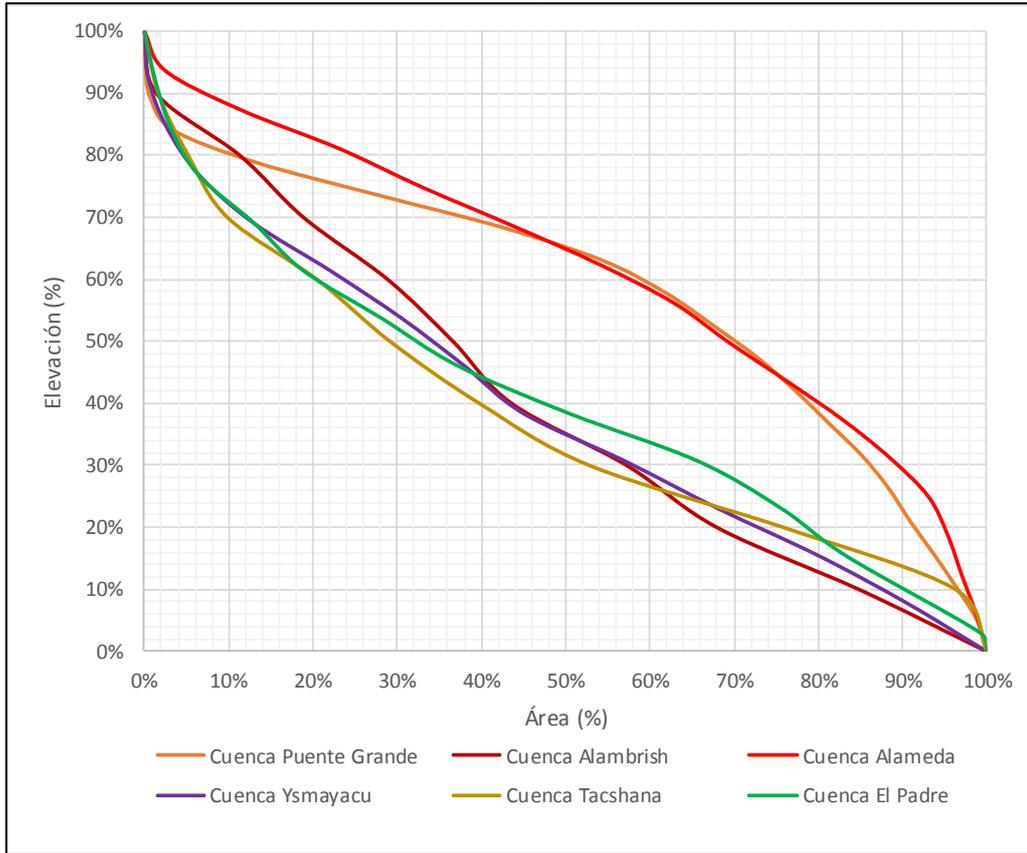


Figura 3.13. Curvas hipsométricas de las cuencas de estudio

Fuente: Elaboración propia.

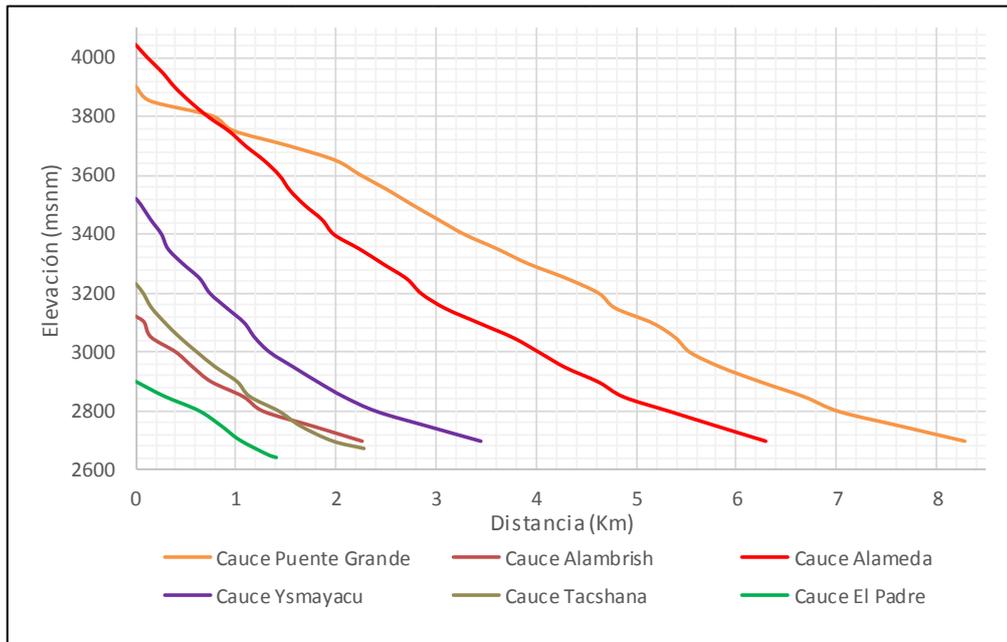


Figura 3.14. Perfil de los cauces principales de las cuencas de estudio

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2 Número de Curva (CN) del SCS

Para la estimación del Número de Curva (CN) con condiciones de humedad antecedentes de tipo III, se hace uso de los estudios descritos en los apartados “3.3 GEOLOGÍA Y SUELOS” y “3.4 TOPOGRAFÍA” de la presente tesis. Con el uso de los Cuadros 2.6 y 2.7, se definen las características de la cobertura vegetal y del tipo hidrológico del suelo con la clasificación que se muestra en el Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Cuadro de CN con condiciones de humedad antecedentes de tipo II para la cobertura vegetal y uso actual del suelo

Nº	Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Número de Curva (CN)
1	Cuerpos de Agua	Ca	D	100
2	Áreas Urbanas: Calles y carreteras	Au	B	86
3	Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	61
4	Tierras con Plantaciones Forestales y Vegetación Arbustiva	F-Va	C	70
5	Tierras con Vegetación Arbustiva, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Va-Ve	C	71
6	Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	79

Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos del CN ponderado en cada quebrada se encuentran en el Anexo D. En el Cuadro 3.9, aplicando la ecuación 2.13, se muestra el CN ponderado para condiciones de humedad antecedentes de tipo III de las 6 quebradas de estudio.

Cuadro 3.9. Cuadro de CN-III ponderado

Nº	Cuenca	CN Ponderado	
		CN - II	CN-III
1	Puente Grande	73.5	86.5
2	Alambrish	61.0	78.2
3	Alameda	65.0	81.0
4	Ysmayacu	66.5	82.0
5	Tacshana	65.2	81.2
6	El Padre	62.7	79.5

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 Abstracciones Iniciales, Tiempo de Concentración y Retardo

El cálculo de las Abstracciones Iniciales (I_a), se realiza con la ecuación 2.14, en cada quebrada de estudio. Para el cálculo del Tiempo de Concentración (T_c) se utilizó el método de Kirpich (1940) aplicando la ecuación 2.18 y para el cálculo del Tiempo de Retardo (Lag Time) se utilizó la ecuación 2.17. En el Cuadro 3.10 se muestran los resultados de estos cálculos para las 6 quebradas de estudio.

Cuadro 3.10. Abstracciones Iniciales, Tiempo de Concentración y Tiempo de Retardo de las quebradas de estudio

Nº	Cuenca	Índice de Abstracciones (mm)	Tiempo de Concentración (min)	Tiempo de Retardo (min)
1	Puente Grande	8.0	44.6	26.7
2	Alambrish	14.1	15.3	9.2
3	Alameda	11.9	31.4	18.8
4	Ysmayacu	11.1	19.9	11.9
5	Tacshana	11.8	14.0	8.4
6	El Padre	13.1	10.0	6.0

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4 Huellas Hídricas

Debido a la escasa información hidrológica y la no existencia de alguna estación de aforo en las quebradas de estudio, se optó por la identificación en el campo de indicadores de altura de agua (huellas hídricas) en estructuras ubicadas sobre el cauce principal de cada quebrada (ver Plano "PL-02" del Anexo J). La característica geométrica, pendiente del cauce y los coeficientes de rugosidad de la sección del sitio, son usados en la ecuación de Manning para estimar los picos de caudal, obteniendo los resultados mostrados en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11. Cuadro de caudales estimados en las quebradas en base a las huellas hídricas

Nº	Quebrada	Caudal por huella hídrica (m ³ /s)
1	Puente Grande	23.43
2	Alambrish	0.38
3	Alameda	7.75
4	Ysmayacu	3.88
5	Tacshana	3.47
6	El Padre	0.29

Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos hidráulicos de los caudales de cada quebrada, en base a las huellas hídricas identificadas, se encuentran en el Anexo E.

3.7 APLICACIÓN DEL MODELO HEC-HMS EN QUEBRADAS

3.7.1 Objetivo del Uso del Modelo HEC-HMS en Quebradas

Como se observó en el apartado “3.4 Topografía”, es necesario estimar los caudales máximos en los cauces de las 6 quebradas que atraviesan longitudinalmente a la ciudad. Para ello utilizaremos el modelo HEC-HMS, ya que nos permite estimar los hidrogramas de salida a partir de precipitaciones de diseño. Mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos se modela el proceso de escurrimiento por precipitaciones obteniendo los caudales máximos y tiempos al pico. Los componentes hidrológicos requieren de un conjunto de parámetros que caracterizan las cuencas de las quebradas y las relaciones matemáticas que describirán los procesos físicos. Los resultados arrojados por el modelo HEC-HMS permiten estudiar las crecidas de los cauces de las quebradas.

3.7.2 Calibración del Modelo HEC-HMS

Para la calibración de los Parámetros de Ingreso a partir de las huellas hídricas, se utilizó los hietogramas generados por el método IILA-SENAMHI-UNI con un periodo de retorno de 10 años, tomando las siguientes consideraciones:

- Los parámetros a calibrar son: El Número de Curva, las abstracciones iniciales y el tiempo de retardo.
- Para el cálculo de la Precipitación Neta utilizamos el método SCS Curve Number.
- Para la transformación de la Precipitación Neta a Escorrentía Neta utilizamos el método SCS Unit Hydrograph.
- No se incluyó el porcentaje de área impermeable, debido a que se consideró en el cálculo del Número de Curva ponderado.
- No se incluyó el flujo base, debido a que no se cuenta con dicha información.

Como resultado de este análisis de calibración, se determinaron los parámetros de ingreso que se muestran en el Cuadro 3.12.

Cuadro 3.12. Cuadro de parámetros calibrados para el modelo HEC-HMS

Nº	Cuenca	Parámetros Calibrados		
		CN-III	Ia (mm)	Lag Time (min)
1	Puente Grande	81.6	11.5	149.0
2	Alambrish	67.3	24.7	26.0
3	Alameda	71.6	20.2	52.0
4	Ysmayacu	84.4	9.4	34.0
5	Tacshana	84.0	9.7	30.0
6	El Padre	67.0	25.0	20.0

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3 Simulación en el Modelo HEC-HMS

El modelo de las cuencas de las quebradas es representado por los datos de entrada, que comprenden el área y los parámetros calibrados. El esquema de simulación que representa la cuenca física se muestra en la Figura 3.15.

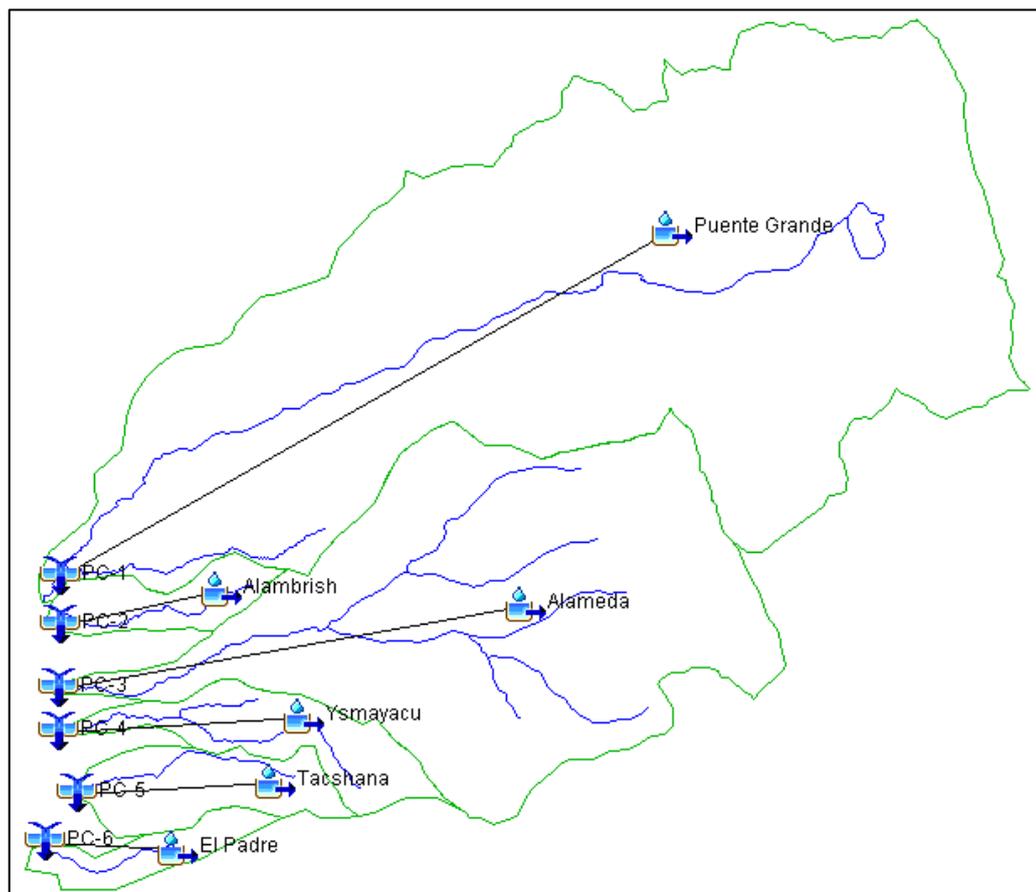


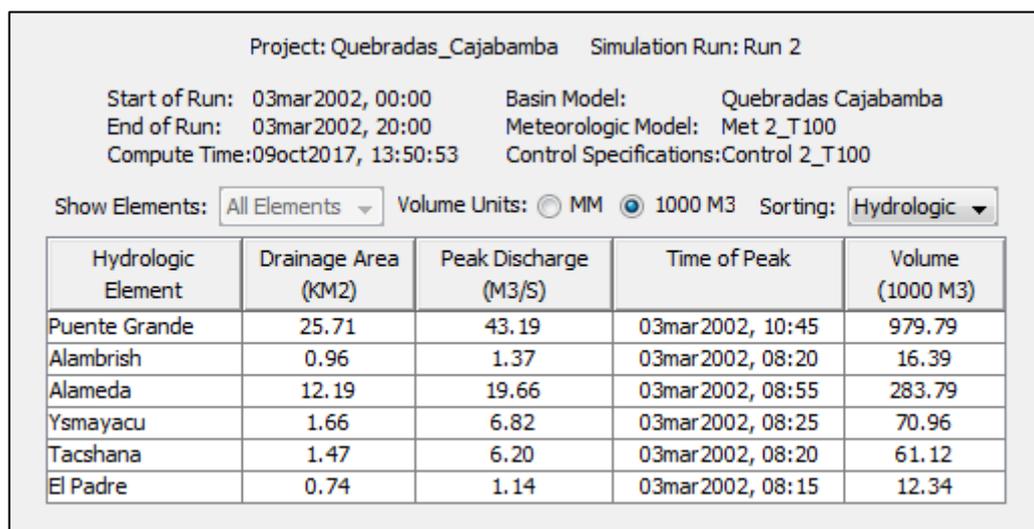
Figura 3.15. Esquema de simulación de las quebradas en HEC-HMS

Fuente: Modelo HEC-HMS 4.2.

En el modelo meteorológico se asocian los hietogramas de precipitación generados por el método IILA-SENAMHI-UNI con un periodo de retorno de 100 años para cada quebrada. En las especificaciones de control, indicamos que la simulación debe empezar el 03 de marzo del 2002 (en memoria a la fecha del huaico de la quebrada Ysmayacu) desde las 0:00 horas hasta las 20:00 horas con un incremento de tiempo de 5 minutos.

3.7.4 Caudal de Diseño para cada Quebrada

En la Figura 3.16 se muestra un resumen global de los resultados generados en el modelo hidrológico HEC-HMS. Los caudales de diseño (Peak Discharge) de cada quebrada corresponden a una lluvia de diseño con periodo de retorno de 100 años. Los hidrogramas de las 6 quebradas de estudio generados por el modelo hidrológico HEC-HMS se encuentran en el Anexo F.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Puente Grande	25.71	43.19	03mar2002, 10:45	979.79
Alambriash	0.96	1.37	03mar2002, 08:20	16.39
Alameda	12.19	19.66	03mar2002, 08:55	283.79
Ysmayacu	1.66	6.82	03mar2002, 08:25	70.96
Tacshana	1.47	6.20	03mar2002, 08:20	61.12
El Padre	0.74	1.14	03mar2002, 08:15	12.34

Figura 3.16. Resumen global de resultados generados en el modelo HEC-HMS

Fuente: Modelo HEC-HMS 4.2.

3.8 APLICACIÓN DEL MODELO HEC-RAS EN QUEBRADAS

3.8.1 Objetivo del Uso del Modelo HEC-RAS en Quebradas

Utilizaremos el modelo HEC-RAS para estimar los niveles de la superficie del agua en las secciones de los cauces de las quebradas a partir de los caudales máximos obtenidos en el modelo HEC-HMS. La modelación hidráulica en régimen permanente del modelo HEC-RAS facilita el cálculo de los perfiles del agua, permitiendo predecir las áreas de inundación para los diferentes periodos de

retorno y la determinación de la altura óptima de las estructuras que puedan ser afectadas por el caudal de las quebradas.

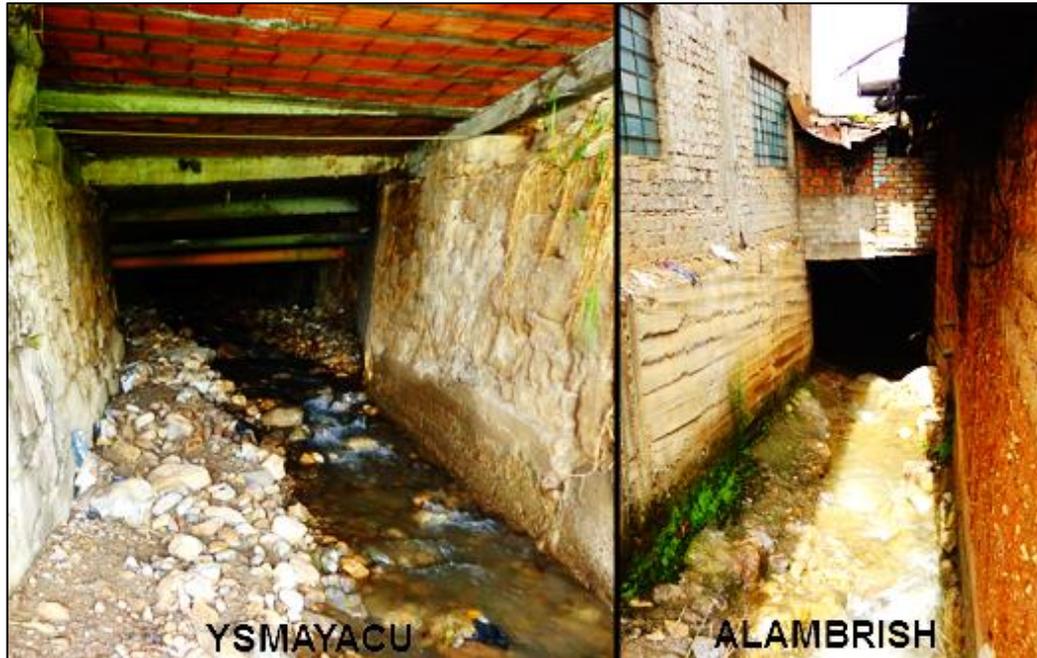
3.8.2 Ámbito de Estudio

En la inspección a campo se observó que en las principales zonas urbanas de la ciudad, el cauce de las quebradas Puente Grande, Alameda y Tacshana tienen una profundidad superior a los 3 m (ver Fotografía 3.4) y de la quebrada El Padre tiene una profundidad mínima de 1.20 m. Sin embargo, las quebradas Ysmayacu y Alambriish presentan una profundidad mínima del cauce de 2 m y en ciertos tramos importantes de la ciudad se han construido edificaciones y vías de acceso por encima de los cauces de dichas quebradas, convirtiéndolas en una especie de conductos cerrados, las cuales son un peligro constante durante las temporadas de lluvias, debido a que se pueden obstruir con los materiales que transportan los cauces (ver Fotografía 3.5), tal como ocurrió en un tramo cerrado de la quebrada Ysmayacu el día domingo 3 de marzo del año 2002, ocasionando un huaico que afectó a la principal zona comercial de la ciudad. En la Figura 3.17 se ubican los tramos mencionados: Tramo 1-A, Tramo 1-Y y Tramo 2-Y.



Fotografía 3.4. Profundidad de los cauces de las quebradas Puente Grande y Alameda

Fuente: Fotografía propia. 2017.



Fotografía 3.5. Edificaciones sobre el cauce de las quebradas Ysmayacu y Alambrish

Fuente: Fotografía propia. 2017.

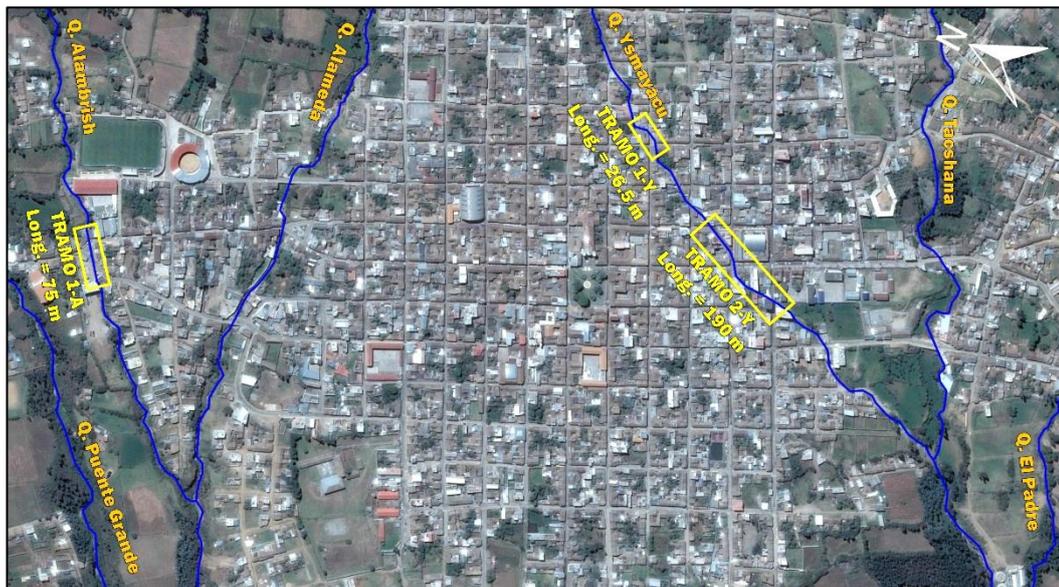


Figura 3.17. Ubicación de tramos en las quebradas Ysmayacu y Alambrish

Fuente: Imagen satelital de Google Earth Pro.

3.8.3 Simulación en el Modelo HEC-RAS

Debido a la inaccesibilidad al cauce principal de las quebradas Puente Grande, Alameda, Tacshana y El Padre, los datos geométricos son en base a las mediciones en campo de las secciones transversales donde se midieron las huellas hídricas y los datos de los coeficientes de rugosidad son del cauce natural.

En las quebradas Ysmayacu y Alambrish, los datos geométricos son las mediciones en campo de las secciones transversales del cauce principal en las zonas de entrada y salida de los conductos cerrados, representados en 3 tramos (ver Figura 3.21). Además se incluyen las distancias entre secciones (Tramo 1-Y = 26.5 m, Tramo 2-Y = 190 m, Tramo 1-A = 75 m) y los datos de los coeficientes de rugosidad estimados en el estudio de las huellas hídricas del Anexo E.

Los datos hidráulicos son representados por el máximo caudal estimado para un periodo de retorno de 100 años y en las condiciones de contorno se considera que el flujo es supercrítico debido a la fuerte pendiente del cauce principal. Los gráficos generados por el modelo HEC-RAS, como las secciones y perfiles de los 3 tramos, se muestran en el Anexo G.

En el Cuadro 3.13 se muestra un resumen global de los resultados generados en el modelo hidrológico HEC-RAS, para un periodo de retorno de 100 años.

Cuadro 3.13. Cuadro resumen de los tirantes generados en el modelo HEC-RAS 4.1

Nº	Quebrada	Sección	Caudal TR=100 años (m ³ /s)	Tirante Crítico (m)	Tirante Normal (m)	Velocidad (m/s)	Número de Froude
1	Puente Grande	General	43.19	1.97	1.45	5.94	1.57
2	Alameda	General	19.66	1.35	0.91	5.39	1.80
3	Tacshana	General	6.20	0.86	0.68	3.64	1.41
4	El Padre	General	1.14	0.45	0.30	3.21	1.88
5	Ysmayacu	Tramo 1 - Y1	6.82	0.86	0.59	4.29	1.79
		Tramo 1 - Y2	6.82	0.81	0.55	4.22	1.82
		Tramo 2 - Y3	6.82	0.82	0.56	4.19	1.79
		Tramo 2 - Y4	6.82	0.77	0.52	4.11	1.82
6	Alambrish	Tramo 1 - A1	1.37	0.34	0.25	2.42	1.55
		Tramo 1 - A2	1.37	0.34	0.25	2.47	1.58

Fuente: Elaboración propia.

3.9 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA

3.9.1 Objetivo del Estudio Hidrológico de la Ciudad de Cajabamba

Aplicar los conceptos de la Hidrología al medio urbano: estudio de la lluvia y de la transformación de la lluvia en escorrentía superficial para determinar el comportamiento hidráulico en las calles y en el sistema de drenaje pluvial. La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica debido a que se

incrementan las zonas impermeables en superficie con materiales de baja rugosidad y se disminuye el tiempo de concentración, afectando las zonas situadas aguas abajo. Esta dinámica incrementa el volumen de escorrentía y el caudal máximo, los cuales pueden crear problemas de inundación.

3.9.2 Periodo de Retorno de la Lluvia

Siendo la ciudad de Cajabamba, la capital provincial y centro importante de desarrollo urbano en proceso de crecimiento, se optó por clasificarse como un sistema de Drenaje Urbano Mayor. En este sistema se utilizan las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación. Por lo tanto consideramos una lluvia con periodo de retorno de 25 años (Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano).

Para calcular el riesgo de falla asociado a un periodo de retorno de 25 años, hacemos uso de la ecuación 2.7 obteniendo un riesgo de falla del 64% si el tiempo de vida útil de las obras es igual a 25 años, y obtenemos un riesgo de falla del 87% si el tiempo de vida útil de las obras igual a 50 años.

En los vertidos de aguas pluviales (provenientes de las cuencas urbanas) hacia los cauces de las quebradas, la cuenca asociada al cauce suele ser de mayores dimensiones que la zona urbana que drena, por lo que el suceso de lluvia que se produce en la ciudad no tiene la misma importancia a nivel de la cuenca y ambos tienen diferentes tiempos de respuesta hidrológica (Gómez, 2007).

Cuadro 3.14. Periodos de retorno en obras de drenaje vertiendo a cauces entre 50 y 100 años

Periodo de retorno a considerar en sucesos concurrentes				
Relación de Áreas	Periodo de Retorno de 50 años		Periodo de Retorno de 100 años	
	Cauce Principal	Colector	Cauce Principal	Colector
10000/1	2	50	2	100
	50	2	100	2
1000/1	5	50	10	100
	50	5	100	50
100/1	10	50	25	100
	50	10	100	25
10/1	25	50	50	100
	50	25	100	50
1/1	50	50	100	100
	50	50	100	100

Fuente: Gómez, M. Elección del nivel de seguridad del sistema de drenaje. 2007.

Ante esta situación, el US Army Corps of Engineers y otros Departamentos Norteamericanos sugieren el uso de tablas (ver Cuadro 3.14), en la cual, en base a la relación de áreas de la cuenca del cauce principal y la cuenca urbana, se estiman los periodos de retorno en sucesos concurrentes. En nuestro caso de estudio la relación de áreas es de 10/1 y para una lluvia con periodo de retorno de 25 años en la zona urbana, se recomienda tomar como nivel en el cauce a la salida del sistema de drenaje, un caudal de periodo de retorno de 50 años. Además, los caudales de las quebradas se han diseñado para una lluvia con periodo de retorno de 100 años, por lo que según las tablas se hará una comprobación del comportamiento hidráulico de las calles urbanas para una lluvia con periodo de retorno de 50 años (US. Dep. of Transportation, 1996).

Utilizando la ecuación 3.1, obtenemos la media de los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 horas correspondiente a la ciudad de Cajabamba y las cuencas de cabecera. El cálculo de la magnitud de eventos extremos, se obtiene con la ecuación 2.8, propuesta por Chow (1951). El factor de frecuencia se obtiene del Cuadro 2.2. En el Cuadro 3.15 se muestran las Precipitaciones Máximas en 24 horas para los periodos de retorno de 25 y 50 años.

Cuadro 3.15. Cuadro de precipitación máxima en 24 horas en la ciudad de Cajabamba para los $Tr=25$ años y $Tr=50$ años

Cuenca	UTM-WGS84 ESTE	log(P24)	Desviación Estándar	Precipitación (mm)	
				Tr=25 años	Tr=50 años
Cajabamba	825960	1.587	0.134	66.4	72.8

Fuente: Elaboración propia.

3.9.3 Hietograma de Diseño

Con el método IILA-SENAMHI-UNI se determinó la distribución de la precipitación en el tiempo para una lluvia de duración de 16 horas. Además, para la distribución de la precipitación en cada quebrada se utiliza el método del Bloque Alternativo (Chow, 1981), obteniendo el hietograma de precipitación de diseño en intervalos de tiempo sucesivos de duración 5 min. En las Figuras 3.18 y 3.19 se muestran los hietogramas de precipitación de diseño para los periodos de retorno de 25 años y 50 años respectivamente.

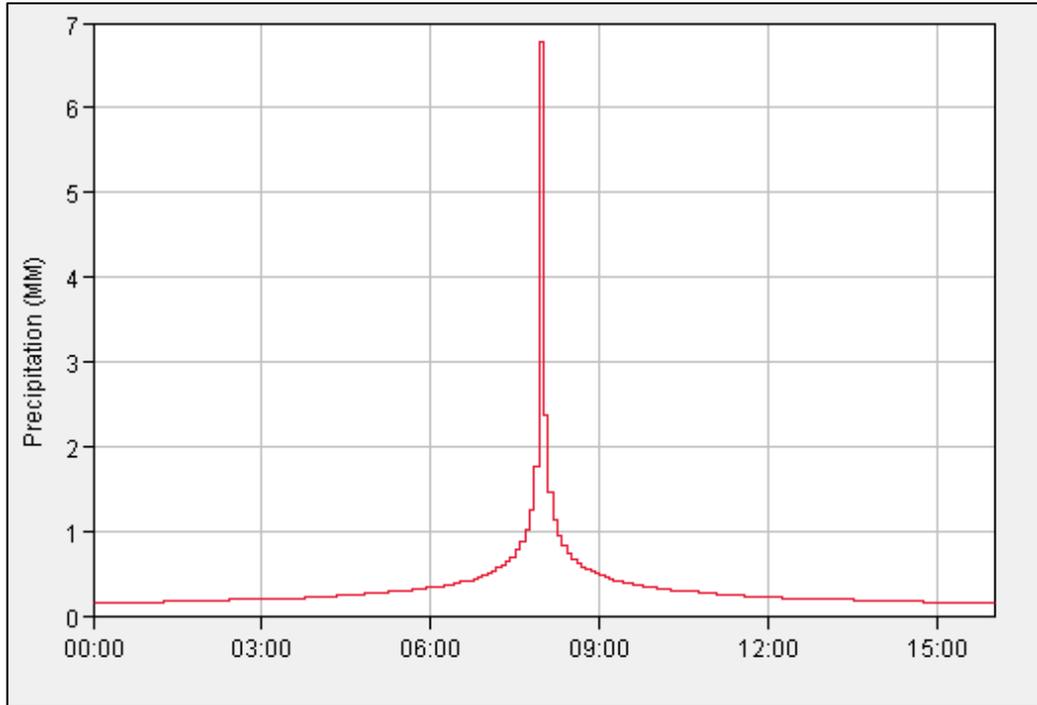


Figura 3.18. Hietograma de diseño para un $Tr=25$ años

Fuente: Elaboración propia.

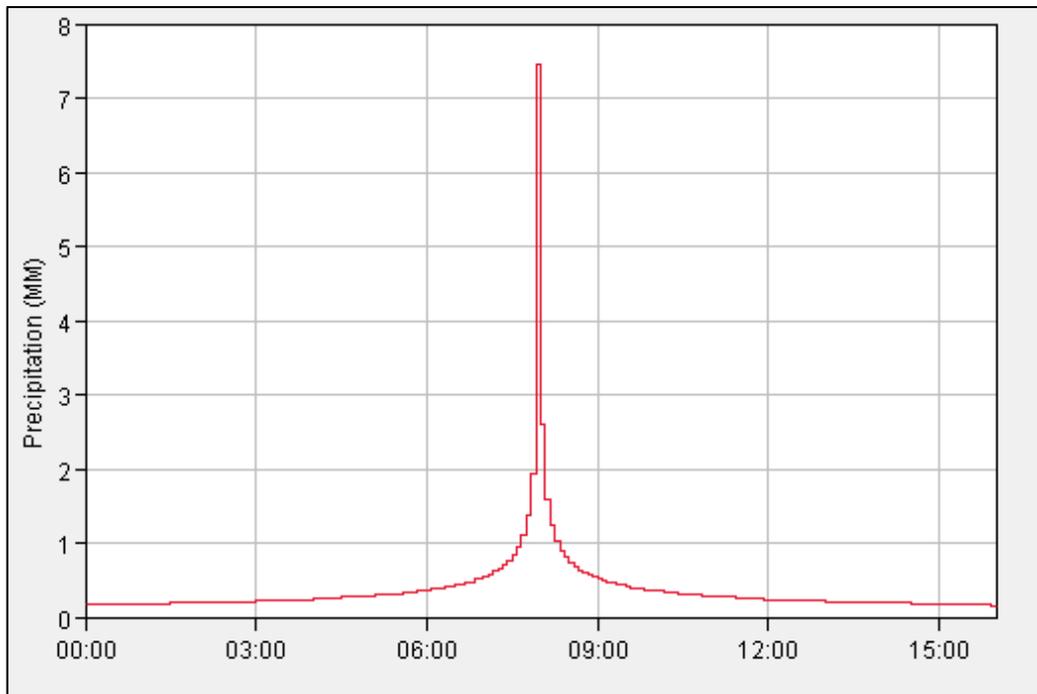
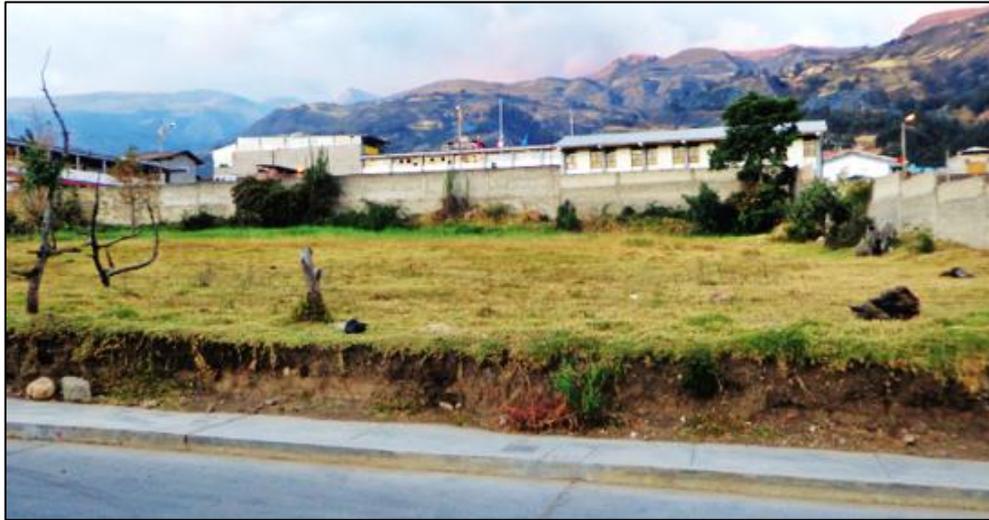


Figura 3.19. Hietograma de diseño para un $Tr=50$ años

Fuente: Elaboración propia.

3.9.4 Número de Curva (CN) del SCS

De los estudios y características del suelo de la ciudad (apartados “3.3 GEOLOGÍA Y SUELOS” y “3.4 TOPOGRAFÍA” de la presente tesis), consideramos que pertenece al grupo hidrológico B con un CN de 61 en condiciones de humedad antecedentes de tipo II. En la Fotografía 3.6 se observa la característica del suelo.



Fotografía 3.6. Características del suelo permeable en la ciudad de Cajabamba
Fuente: Fotografía propia. 2016.

Por lo tanto, aplicando la ecuación 3.13, el Número de Curva ponderado para condiciones de humedad antecedentes de tipo III para las subcuencas urbanas de la ciudad de Cajabamba es de 78.

3.9.5 Cuencas de Cabecera

La ciudad de Cajabamba presenta en la zona aguas arriba 3 cuencas de cabecera (CE01, CE02 y CE03), con cubierta natural, que desaguan en la ciudad y su desagüe se integra a la escorrentía superficial de las calles, tal como se muestra en la Figura 3.20. Las características de las cuencas de cabecera se muestran en el Cuadro 3.16.

La obtención de los caudales máximos de las cuencas de cabecera, con periodo de retorno de 25 años y 50 años, se realizó siguiendo los mismos procedimientos desarrollados para la obtención de los caudales máximos en las quebradas de estudio. Mediante el modelo HEC-HMS, obtenemos los caudales descritos en el Cuadro 3.17 y en el Anexo H se encuentran datos de los hidrogramas de caudales.

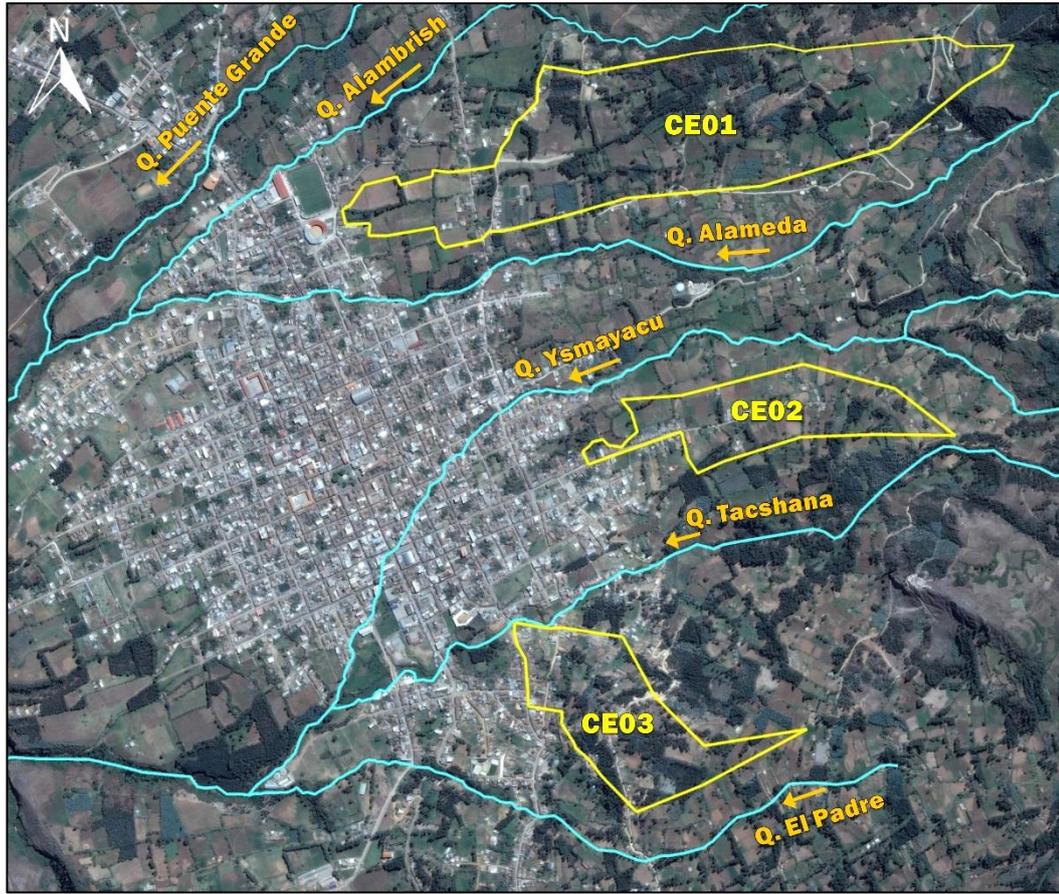


Figura 3.20. Cuencas de cabecera de la ciudad de Cajabamba
Fuente: Imagen satelital de Google Earth Pro.

Cuadro 3.16. Características de las cuencas de cabecera

Parámetro	Cuenca		
	CE01	CE02	CE03
Área (km ²)	0.52	0.15	0.17
Cota Máxima (msnm)	3020	2910	2860
Cota Mínima (msnm)	2683	2721	2670
Longitud (km)	2.04	1.11	1.19
Pendiente (m/m)	0.17	0.17	0.16
Tiempo de Concentración (min)	13.77	8.52	9.21
Tiempo de Retardo (min)	8.26	5.11	5.53

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3.17. Cuadro de caudales máximos de las cuencas de cabecera para los Tr=25 años y Tr=50 años

Nº	Cuenca de Cabecera	Caudal (l/s)	
		Tr = 25 años	Tr = 50 años
1	CE01	535.7	777.6
2	CE02	650.0	790.0
3	CE03	204.1	295.6

Fuente: Elaboración propia.

3.10 APLICACIÓN DEL MODELO STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM 5.1) EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA

3.10.1 Objetivo del Uso del Modelo SWMM

El modelo SWMM permite simular el comportamiento hidrológico-hidráulico de un sistema de drenaje urbano. Simula la formación de escorrentía superficial sobre las subcuencas urbanas debido a la precipitación, que luego son transportados a través del sistema de drenaje urbano, simulando un flujo no permanente y usando la aproximación de la onda dinámica, la cual resuelve todas las ecuaciones de Saint-Venant. Diversos estudios han demostrado que en el modelo SWMM se puede estudiar, diseñar y analizar un sistema de drenaje urbano, obteniendo una mejor interpretación de la realidad que el método racional.

3.10.2 Calibración del Modelo SWMM

La calibración del modelo es posible si se cuenta con una estación de medición de caudales a nivel de eventos, en los lugares de vertidos de las aguas pluviales cuya calibración se basa en ajustar los parámetros del modelo. En nuestro caso, que es lo más común, los parámetros son definidos por las inspecciones en el sitio, estudios previos e imágenes satelitales.

Para una mejor representación de los parámetros se realizó un estudio a un nivel de detalle minucioso de la cuenca urbana analizándose a un nivel de calle por calle, representando de esta manera una situación más real del comportamiento hidrológico e hidráulico en la cuenca urbana. Las subcuencas urbanas de la ciudad de Cajabamba fueron en promedio de 0.60 ha, de este análisis el área total de la zona urbana es de 162 ha, obteniéndose un total de 270 subcuencas urbanas.

3.10.3 Representación del Sistema Actual de Drenaje Urbano

El sistema de drenaje actual quedó representado por los hietogramas de las lluvias de diseño, 3 cuencas de cabecera, 270 subcuencas que esquematizan los lotes, terrenos, etc., los datos geométricos de las subcuencas (áreas, ancho de cuenca y porcentaje de área impermeable), los coeficientes de rugosidad de Manning (para la superficie impermeable y permeable), el método de infiltración empleado (SCS Curve Number), los 264 nodos que representan los puntos hacia donde drenan las subcuencas, las cotas de las conexiones extraídas de los planos topográficos, los 341 conductos que simulan el drenaje superficial con sus

respectivas secciones, dos salidas para simular los sumideros de rejilla y 21 vertidos que representan las condiciones de borde en el extremo aguas abajo. En la Figura 3.21 se observa el sistema de drenaje esquematizado en el modelo SWMM 5.1 y en el Anexo H se presentan los parámetros de ingreso de todos los componentes utilizados para la simulación en el SWMM 5.1.



Figura 3.21. Esquema de la ciudad Cajabamba en el modelo SWMM

Fuente: Modelo SWMM 5.1.

3.10.4 Simulación en el Modelo SWMM

Se procedió a realizar la simulación utilizando la aproximación de la onda dinámica como método de cálculo hidráulico ya que resuelve todas las ecuaciones de Saint-Venant considerando un movimiento del flujo no permanente en lámina libre, un tiempo de simulación de 20 horas, intervalo de tiempo para el cálculo hidráulico de 1 segundo y un intervalo de tiempo de análisis de resultados de 1 minuto. Las

corridas fueron aceptadas ya que los errores de continuidad tanto para la escorrentía superficial como para el cálculo hidráulico no superaron el 1 %.

3.10.5 Visualización de los Resultados

Se fijaron los niveles del agua en las calles como parámetros de evaluación de las condiciones hidráulicas actuales. En la Figura 3.22 se pueden observar los niveles máximos de agua obtenidos en los diferentes nodos de la ciudad de Cajabamba, para una lluvia con periodo de retorno de 25 años. Allí se puede evidenciar claramente que se obtienen niveles por encima de los 15 cm sobre la calzada, generando por consiguiente inundaciones y daños en la parte baja de la ciudad, en especial en el camino hacia la zona conocida como Ojo del Lanla, que llega a ser la más afectada, ya que hacia ella converge la mayor parte del drenaje de la urbanización, dicha situación se corresponde con la realidad.

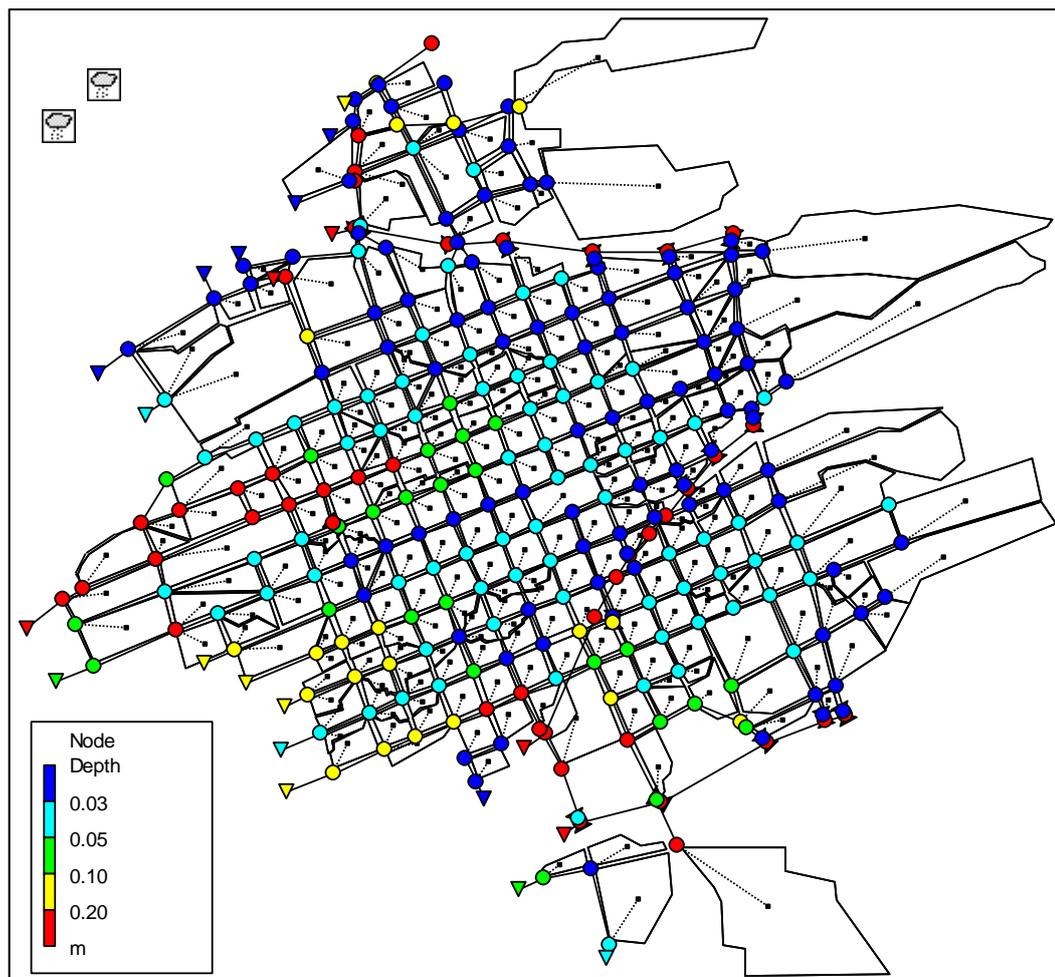


Figura 3.22. Niveles de agua en las calles de la ciudad Cajabamba

Fuente: Modelo SWMM 5.1.

En la Figura 3.23 se observa en el modelo que aguas arriba del Mercado Central de la ciudad, se presenta un elevado nivel de escorrentía superficial para una calle de pendiente alta, tal como ocurrió en la cuadra 9 del Jr. Lara, ante una lluvia del 15 de octubre del 2016. Situación similar ocurre en otras calles observadas durante la lluvia intensa.

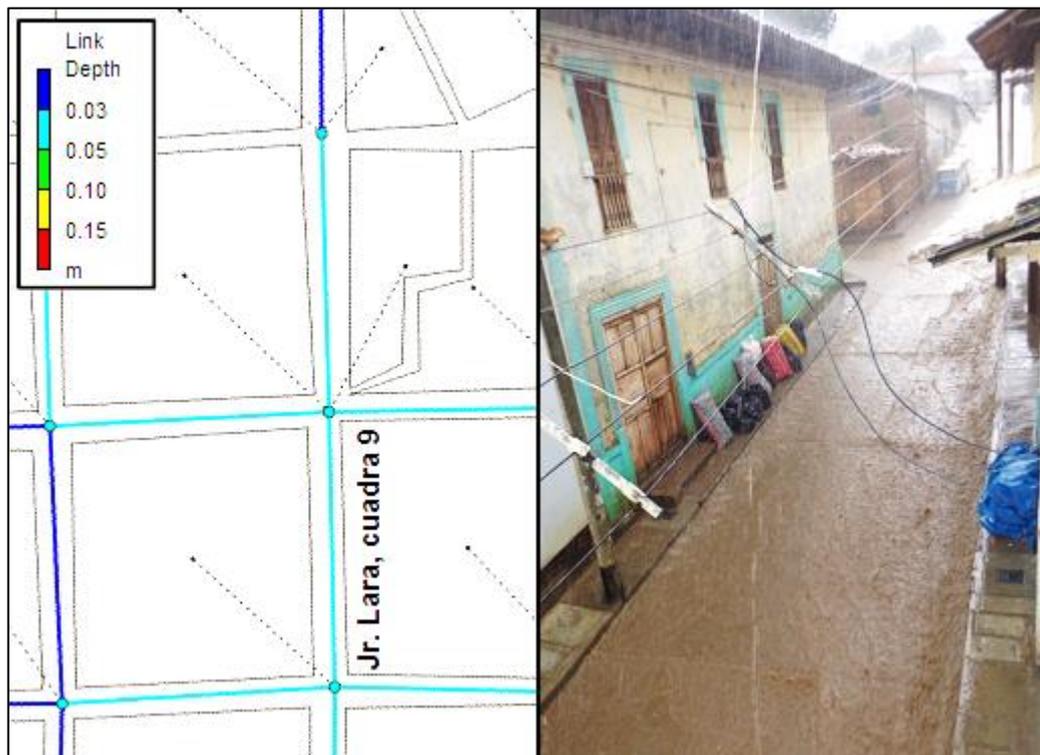


Figura 3.23. Nivel de escorrentía superficial en la cuadra 9 del Jr. Lara

Fuente: Modelo SWMM 5.1 y Fotografía propia. 2016.

Se han logrado identificar 8 sectores críticos, teniendo como criterio principal la altura o nivel de la escorrentía superficial en las calles de la ciudad (ver Figura 3.24). Algunas calles longitudinales de la zona inferior de la ciudad cuentan con cunetas pluviales (de sección hidráulica triangular y rectangular), las cuales han sido consideradas en este análisis. Por lo que si el nivel del agua es alto, no indica necesariamente una inundación, sino que la cuneta pueda estar en su máxima capacidad hidráulica. Esta situación es analizada en el apartado 4.3.2.

En el Cuadro 3.18 se encuentra un resumen de los máximos caudales de los vertidos y nodos de los sectores críticos, con su respectiva velocidad crítica y nivel de escorrentía superficial de aguas pluviales. La parte más baja del Sector 4 es la más crítica y corresponde al camino hacia los Ojos de Lanla.

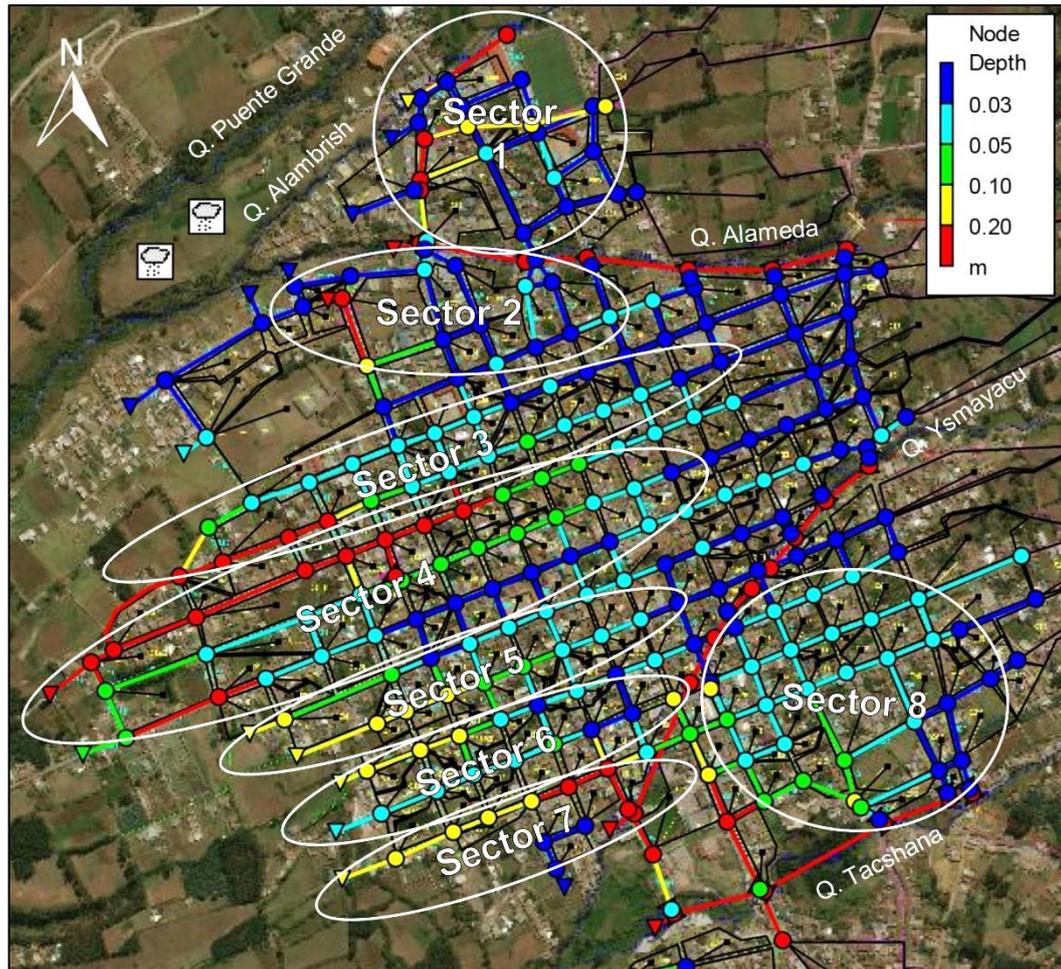


Figura 3.24. Sectores críticos de la ciudad de Cajabamba
Fuente: Modelo SWMM 5.1 e Imagen satelital de Bing Maps.

Cuadro 3.18. Cuadro de caudales máximos y nivel de escorrentía en los sectores críticos

Sector Crítico	Caudal Máximo (l/s)	Velocidad Crítica (m/s)	Nivel de Escorrentía (cm)
Sector 1	870.66	6.33	44.50
Sector 2	304.70	1.91	39.00
Sector 3	564.32	0.67	6.50
Sector 4	4319.46	4.24	84.80
Sector 5	1200.01	2.92	16.70
Sector 6	891.35	2.76	14.80
Sector 7	705.62	2.22	17.40
Sector 8	1398.97	3.22	7.00

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

4.1 CRITERIOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

4.1.1 Criterios de Diseño en las Quebradas

Para los caudales calculados en las quebradas, la U.S. Bureau of Reclamation recomienda un borde libre, según el gráfico de la Figura 4.1; pero ante la evidencia del transporte de materiales sólidos, palizadas y sedimentos por parte de la corriente de los cauces principales de las quebradas (observados en campo) y de las características de las secciones transversales (ancho promedio de 3 m), le adicionamos 0.3 m al borde libre. En el Cuadro 4.1 se muestran los resultados de la altura mínima admisible o altura de diseño para cada quebrada.

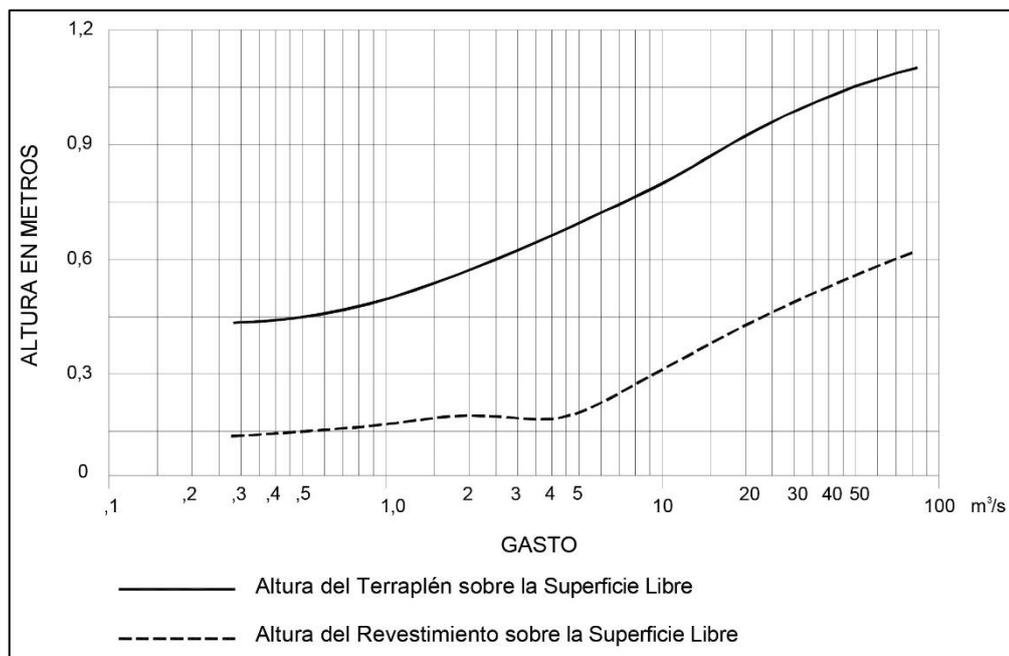


Figura 4.1. Borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation

Fuente: Rocha, A. Hidráulica de tuberías y canales. 2007.

Se observa que las alturas mínimas admisibles de las quebradas Puente Grande, Alameda y Tacshana son menores a los 3 m, y en la quebrada El Padre es menor a 1.20 m. Además en la quebrada Alambrish, las alturas mínimas admisibles son menores a las alturas actuales de las secciones. Sin embargo, en la quebrada Ysmayacu se observa que la altura mínima admisible del Tramo 1, es mayor a la altura actual de la sección Tramo 1 - Y2. Por lo tanto, la quebrada Ysmayacu es

la única que presenta riesgo de desborde para un máximo caudal de un periodo de retorno de 100 años. Es importante mencionar que el 3 de marzo del 2002, dicho tramo de la quebrada Ysmayacu se obstruyó, ocasionando su desborde hacia las calles de la ciudad.

Cuadro 4.1. Cuadro resumen de las alturas mínimas admisibles en las quebradas de estudio

Nº	Quebrada	Sección	Tirante Normal (m)	Borde Libre de Diseño (m)	Altura Mínima Admisible (m)	Altura actual de la sección (m)
1	Puente Grande	General	1.45	1.35	2.80	mayor a 3.00
2	Alameda	General	0.91	1.22	2.13	mayor a 3.00
3	Tacshana	General	0.68	1.03	1.71	mayor a 3.00
4	El Padre	General	0.30	0.81	1.11	mayor a 1.20
5	Ysmayacu	Tramo 1 - Y1	0.59	1.04	1.63	2.00
		Tramo 1 - Y2	0.55	1.04	1.59	1.53
		Tramo 2 - Y3	0.56	1.04	1.60	2.00
		Tramo 2 - Y4	0.52	1.04	1.56	2.00
6	Alambrish	Tramo 1 - A1	0.25	0.83	1.08	2.40
		Tramo 1 - A2	0.25	0.83	1.08	2.40

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Criterios de Peligrosidad del Flujo en las Calles

En la ciudad de Cajabamba se debe asegurar las actividades ciudadanas durante el suceso de la lluvia, como el tráfico peatonal y vehicular, la no inundabilidad de las viviendas aguas abajo de las descargas y la resistencia a la erosión por parte del sistema de drenaje. Para ello, el flujo circulante por las calles deberá ser tal que los parámetros hidráulicos, como los calados (tirantes) y las velocidades o combinaciones de los mismos, se deben mantener por debajo de ciertos valores límites aconsejables.

En la actual reglamentación peruana de la “Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano” no se menciona ningún criterio en la que se tenga en cuenta la velocidad y el calado del flujo, en conjunto. Por ello se decidió recurrir a investigaciones de otros países, como el criterio de Nanía (1999) según la Figura 4.2, el cual realizó un modelo teórico experimental para la ciudad de Mendoza, Argentina; tomando en cuenta la estabilidad al deslizamiento de las personas ante la fuerza de arrastre que ejerce el flujo sobre ellas, cuando es necesario cruzar la calle. Asimismo, se opta por utilizar el criterio de estabilidad al vuelco de las personas ante la fuerza

del flujo sobre ellas (SIHH, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001) en la que el producto de la velocidad y el calado debe ser menor a $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$, y el criterio de la FEMA (2009) de los Estados Unidos según la Figura 4.3, el cual, es un criterio en el que se relaciona el calado con la velocidad del agua, estableciendo tres rangos de peligro: zona de nivel bajo, medio y alto de amenaza.

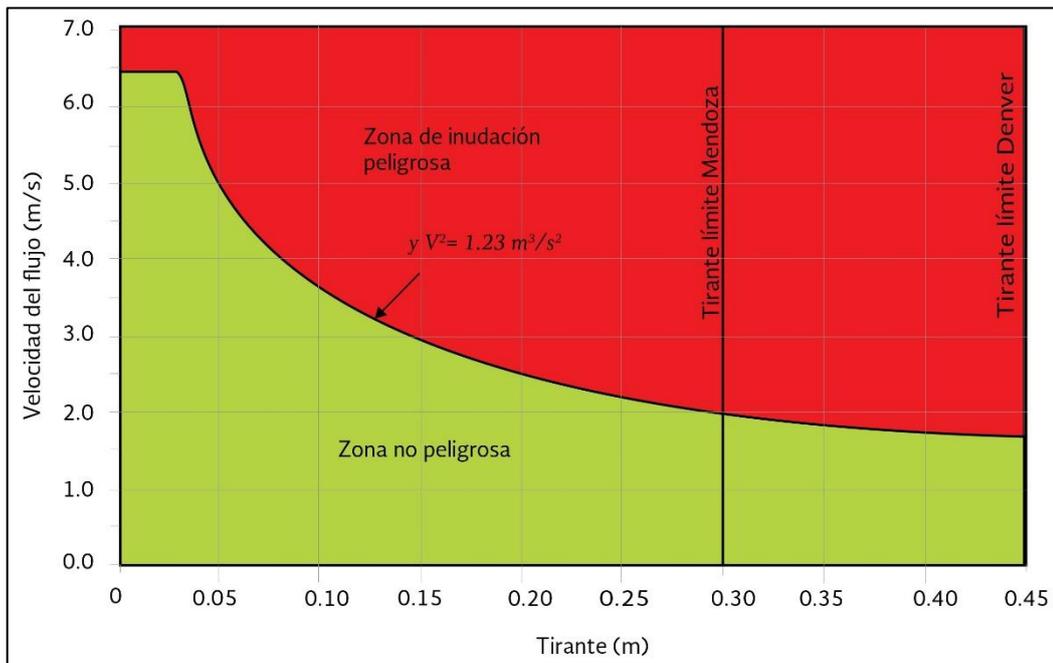


Figura 4.2. Resultado del análisis de Nanía

Fuente: CONAGUA México. MAPAS: Drenaje Pluvial Urbano. 2016.

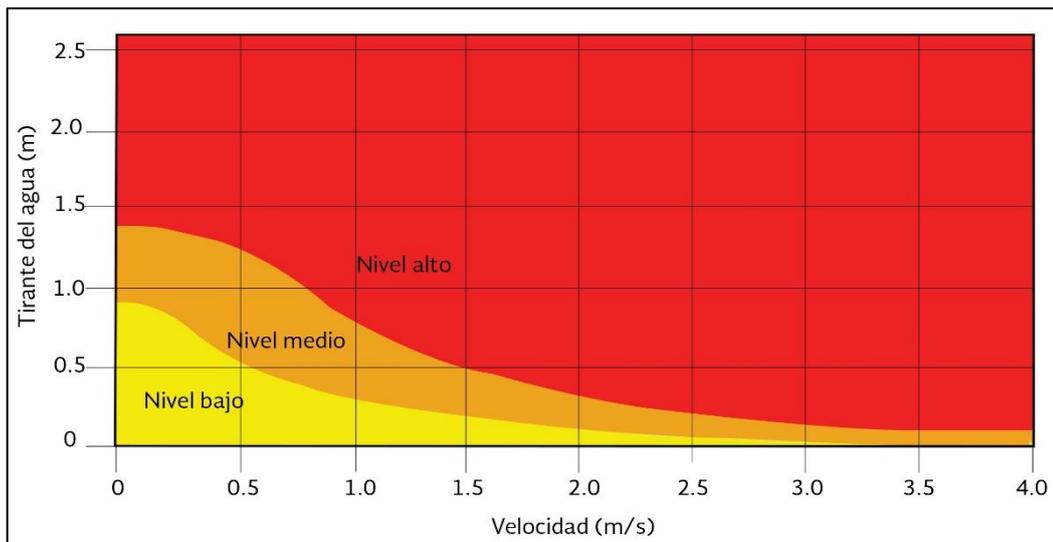


Figura 4.3. Niveles de peligro por FEMA

Fuente: CONAGUA México. MAPAS: Drenaje Pluvial Urbano. 2016.

De lo observado en las visitas a campo durante las temporadas lluviosas, se opta por elegir un calado límite de $Y_{\text{máx}}=0.03$ m debido a la alta pendiente de las calles (mayores al 7%) y una velocidad máxima establecida de $V_{\text{máx}}=2.8$ m/s. De esta manera se cumple el criterio de estabilidad al deslizamiento de las personas ($Y_{\text{máx}} * V_{\text{máx}}^2 < 1.23 \text{ m}^3/\text{s}^2$), de estabilidad al vuelco de las personas ($V_{\text{máx}} * Y_{\text{máx}} < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$) y de inundación en las viviendas (Nivel bajo de peligro).

4.1.3 Criterios de Diseño de la Red de Drenaje Pluvial

Debido a las características topográficas de la ciudad, la geometría de sus calles angostas (en algunos casos sin veredas por falta de espacio), la ubicación de las instalaciones de alcantarillado y agua potable y a la variabilidad de las secciones en varios tramos de las calles de una misma cuadra, se opta por plantear redes de tuberías de drenaje pluvial por gravedad. Los criterios generales de diseño están basados en la “Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano” del Reglamento Nacional de Edificaciones y en el “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento-Drenaje Pluvial Urbano” de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México.

El proceso de diseño de los Colectores de Aguas Pluviales comprenden las siguientes consideraciones:

- Diámetro de los Tubos: Diámetro mínimo de 500 mm para el Colector Troncal.
- Capacidad Máxima: Las tuberías trabajaran a superficie libre, entre el 80% y el 90% de su sección transversal, al conducir el caudal de diseño, evitando de esta manera que entren en carga y trabajen a presión.
- Velocidad Máxima: Se admiten valores de hasta 6 m/s en tuberías de PVC para evitar la erosión de las paredes del colector debido a la acción mecánica del agua.
- Velocidad Mínima: Se admiten valores superiores a 0.60 m/s, fluyendo las aguas a tubo parcialmente lleno, para garantizar las mínimas condiciones de transporte de sedimentos en los colectores.
- Pendiente Mínima: La pendiente mínima de diseño será aquella que satisfaga la velocidad mínima de 0.60 m/s, fluyendo las aguas a tubo parcialmente lleno.
- Coeficiente de Rugosidad “n” de Manning: Para tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC) tendrán un valor de 0.010.

- **Altura de Relleno:** La profundidad mínima a la clave de la tubería, desde la rasante de la calzada, debe ser de 1 m.

El proceso de diseño de los Pozos de Visita de Aguas Pluviales (Buzones) comprenden las siguientes consideraciones:

- **Diámetro Nominal:** En tuberías con diámetro hasta de 600 mm, el mínimo valor del diámetro interior debe ser de 1.20 m, hasta una profundidad de 3 m, permitiendo el desplazamiento de un operario. En tuberías con diámetro de 650 mm a 1200 mm, el mínimo valor del diámetro interior debe ser de 1.50 m para cualquier profundidad.
- **Caída Libre:** Dentro del Pozo de Visita se permiten caídas hasta de 0.50 m, sin la necesidad de usar alguna estructura especial.
- **Ubicación:** En puntos donde se produce la convergencia de 2 o más drenes, donde se produce un cambio de la pendiente y donde se presenten cambios en los diámetros de las tuberías.
- **Espaciamiento:** Para tuberías con diámetros menores a 1.20 m, el espaciamiento de los registros será de 100 m a 200 m.
- **Acceso:** El buzón de acceso estará centrado sobre el eje longitudinal del colector y las tapas de los buzones deben ser resistentes a la abrasión, con facilidad de operación y no propicia al robo.

En algunos casos, por las características topográficas (fuertes pendientes), es necesario construir Pozos de Visita con Caída, los cuales están conformados por una caja, una chimenea de tabique y una pantalla en su interior que funciona como un deflector del caudal que cae. En estas estructuras se permite un desnivel de 1.50 m para tuberías hasta de 800 mm de diámetro.

4.1.4 Identificación de Restos Arqueológicos

Es muy importante tener en consideración la ubicación de restos arqueológicos en la ciudad de Cajabamba antes de realizar el trazado de las redes de drenaje pluvial. Para ello recurrimos al Sistema de Información Geográfica de Arqueología (SIGDA) del Ministerio de Cultura, el cual ha sido implementado con la finalidad de atender la demanda de información referida a Monumentos Arqueológicos Prehispánicos y CIRA a nivel nacional.

Con el uso del SIGDA, se ha logrado identificar al Monumento Arqueológico Prehispánico de Santa Mónica, ubicado en la parte alta de la ciudad de Cajabamba, en las márgenes de la quebrada Alameda, pertenece al Qhapaq Ñan (camino inca) y es del tipo puente con estribos de piedra (ver Figura 4.4).



Figura 4.4. Mapa de Monumentos Arqueológicos Prehispánicos (MAPs) registrados en la ciudad de Cajabamba

Fuente: Ministerio de Cultura, DSFL/DGPA. SIGDA. 2017.

4.2 PROPUESTA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

4.2.1 Consideraciones Generales

A partir de la topografía de la ciudad de Cajabamba (ver Figura 3.7) y de la identificación de los sectores críticos en el modelo SWMM 5.1 (ver Figura 3.24), se ha optado por dividir a la ciudad de Cajabamba en 3 Zonas Pluviales, las cuales se interceptan con los 8 Sectores Críticos (ver Figura 4.5):

- Zona Superior: Conformado por las cuencas de cabecera y la parte alta de la ciudad, con calles y viviendas que se encuentran en pleno proceso de urbanización y expansión hacia las partes altas.

- Zona Media: Conformado por las calles y edificaciones más importantes de la ciudad, es el núcleo principal de las actividades urbanas. Esta zona se encuentra totalmente urbanizada.
- Zona Inferior: Conformado por viviendas y calles donde descargan las aguas pluviales. En esta zona se ubica el Cementerio, la principal vía de acceso hacia otras comunidades y algunos sectores en proceso de urbanización.

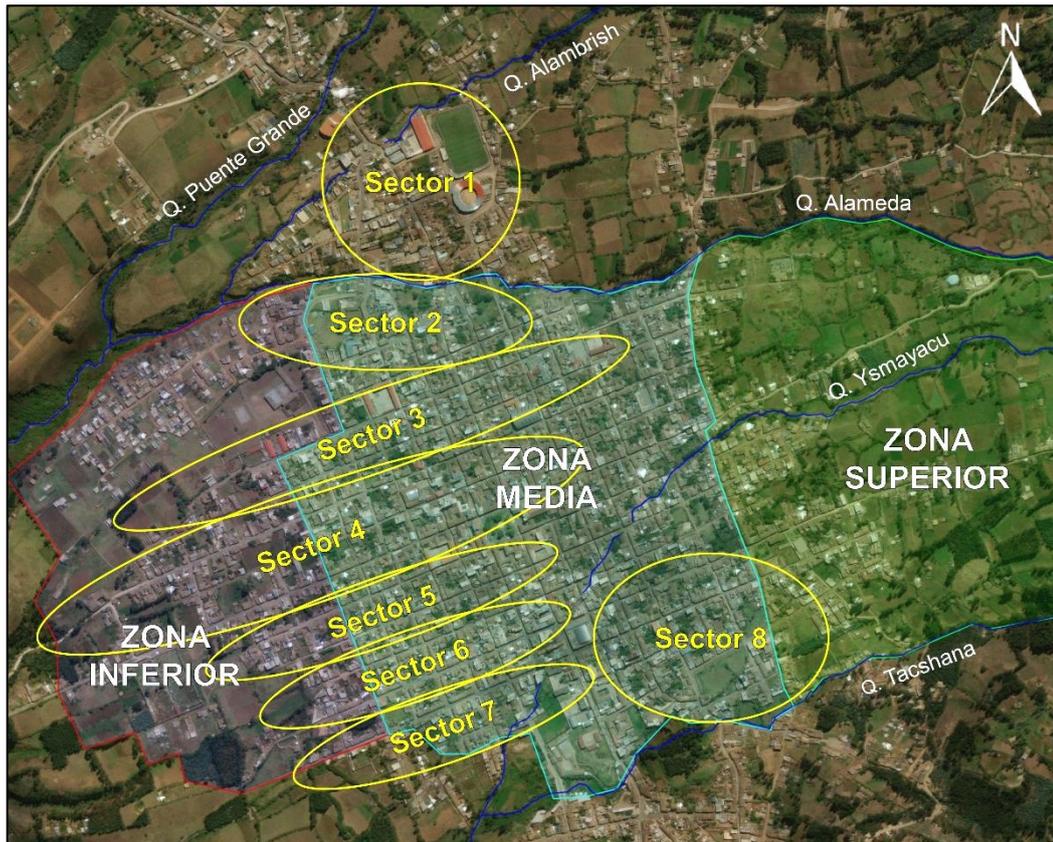


Figura 4.5. Zonas pluviales y sectores críticos de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Imagen Satelital de Bing Maps.

Del estudio de las quebradas utilizando los modelos HEC-HMS y HEC-RAS, se considera en evacuar las aguas pluviales hacia las quebradas Alambriish, Alameda y Tacshana en cualquier tramo de su recorrido; pero en la quebrada Ysmayacu se podrá evacuar a partir del tramo cuya sección cumpla con la altura mínima admisible (ver Cuadro 4.1).

A partir de los planos a nivel de alcantarillado de la ciudad de Cajabamba, se tienen en consideración la ubicación y profundidad de las tuberías de las redes de saneamiento, con sus respectivos pozos de visita.

4.2.2 Trazado de la Red de Drenaje Pluvial

De la información topográfica y de las visitas a campo se han determinado las líneas de flujo en las calles de la ciudad de Cajabamba (ver Figura 4.6). A partir de los sitios de vertido y considerando las recomendaciones presentadas, se definen 8 trazos de la red de drenaje pluvial (con escurrimiento por gravedad), tratando de seguir las líneas de flujo de la ciudad con el fin de evacuar las aguas pluviales de la Zona Media y Superior, mitigando de esta manera las aguas pluviales de la Zona Inferior y 7 sectores críticos (ver Figura 4.7).

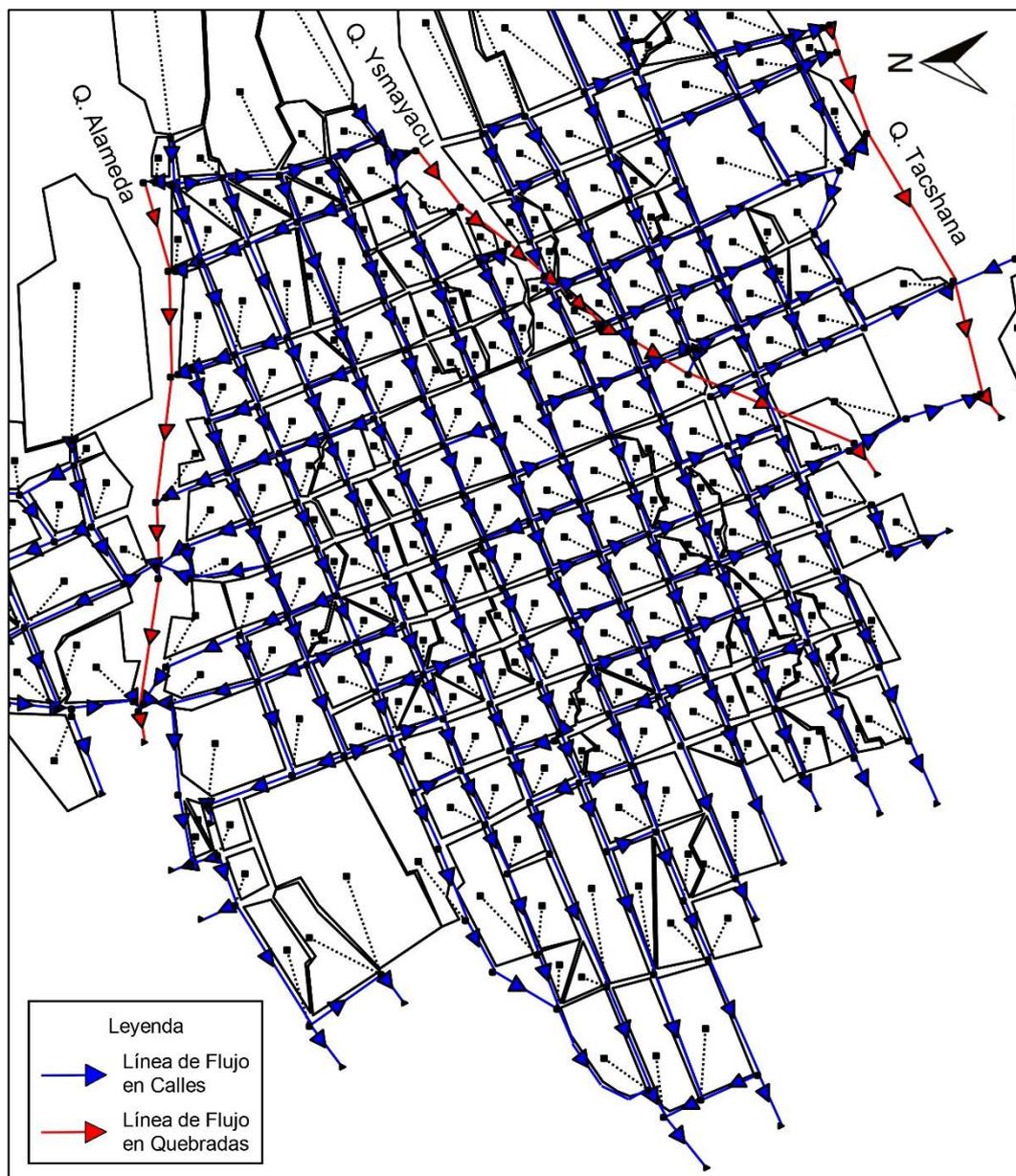


Figura 4.6. Líneas de flujo en las calles de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Modelo SWMM 5.1.

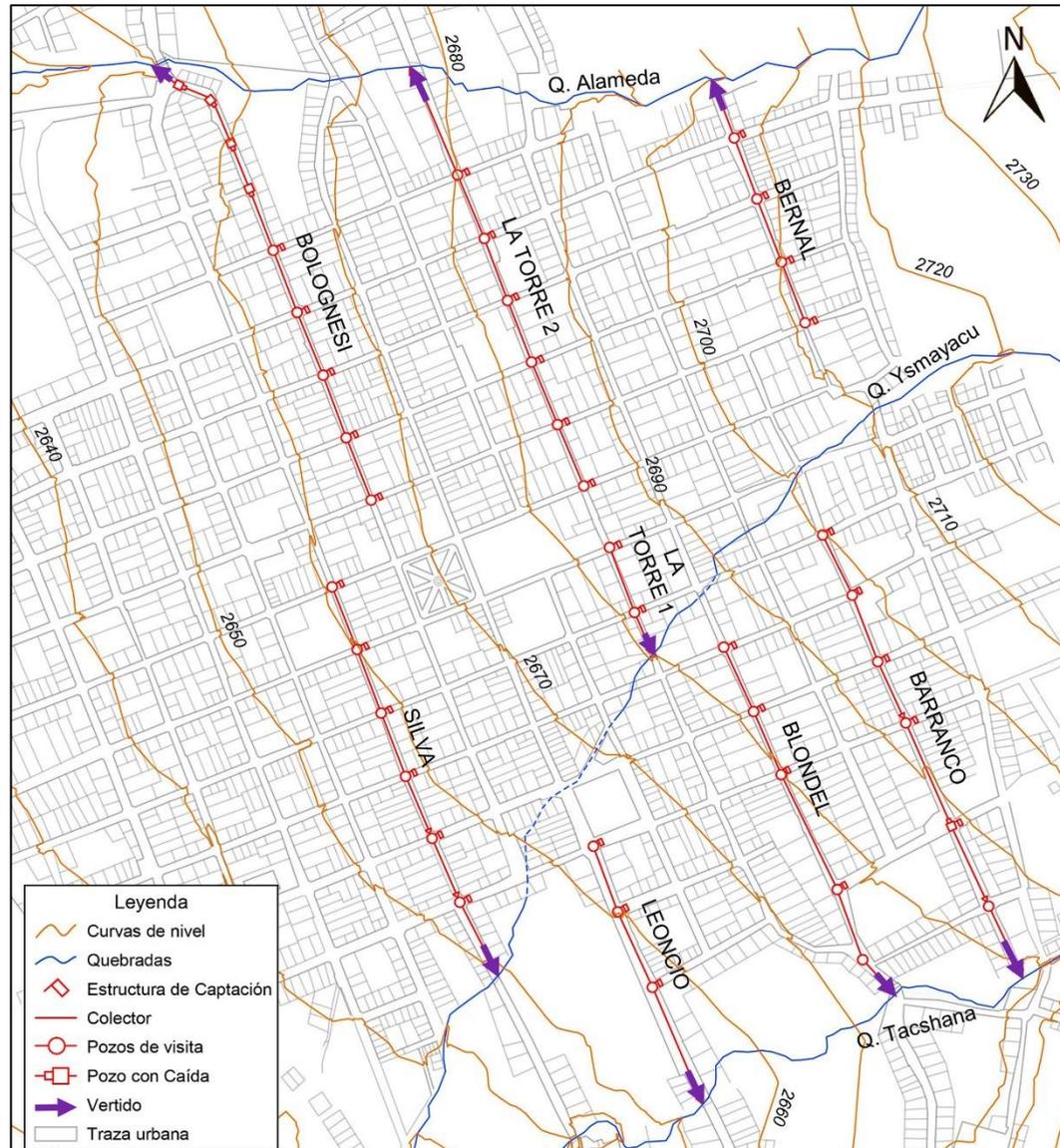


Figura 4.7. Esquema de la red de drenaje pluvial de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Elaboración propia

La configuración del sistema de drenaje pluvial es la de un “Modelo Perpendicular”; es decir, la ciudad de Cajabamba se ubica a lo largo de los afluentes (quebradas), con algunas calles inclinadas hacia ella, por lo que las tuberías se deben de colocar de manera perpendicular a las corrientes y descargar hacia ellos.

Los Colectores que descargan en la quebrada Tacshana son:

- Barranco: Su trayectoria es a lo largo del Jr. Barranco, con un total de 6 cuadras que van desde la intersección del Jr. Arias con el Jr. Barranco hasta su vertido en la quebrada Tacshana. Su longitud total es de 484.30 m aproximadamente.

- Blondel: Su trayectoria es a lo largo del Jr. Blondel, con un total de 5 cuadras que van desde la intersección del Jr. Portugal con el Jr. Blondel hasta su vertido en la quebrada Tacshana. Su longitud total es de 390.20 m aproximadamente.
- Leoncio: Su trayectoria es a lo largo de la Av. Leoncio Martínez Vereau, con un total de 3 cuadras que van desde la intersección del Jr. Cáceres con la Av. Leoncio Martínez Vereau hasta su vertido en la quebrada Tacshana. Su longitud total es de 283.30 m aproximadamente.

Los Colectores que descargan en la quebrada Ysmayacu son:

- La Torre 1: Su trayectoria es a lo largo del Jr. La Torre, con un total de 1 cuadra y media que va desde la intersección del Jr. Alfonso Ugarte con el Jr. La Torre hasta su vertido en la quebrada Ysmayacu. Su longitud total es de 114.40 m aproximadamente.
- Silva: Su trayectoria es a lo largo del Jr. Silva, con un total de 6 cuadras que van desde la intersección del Jr. Celso B. Calderón con el Jr. Silva hasta su vertido en la quebrada Ysmayacu. Su longitud total es de 425.20 m aproximadamente.

Los Colectores que descargan en la quebrada Alameda son:

- Bernal: Su trayectoria es a lo largo del Jr. Bernal, con un total de 4 cuadras que van desde la intersección del Jr. José Sabogal con el Jr. Bernal hasta su vertido en la quebrada Alameda. Su longitud total es de 242.80 m aproximadamente.
- La Torre 2: Su trayectoria es a lo largo del Jr. La Torre, con un total de 6 cuadras que van desde la intersección del Jr. Leoncio Prado con el Jr. La Torre hasta su vertido en la quebrada Alameda. Su longitud total es de 441.50 m aproximadamente.
- Bolognesi: Su trayectoria es a lo largo del Jr. Francisco Bolognesi, con un total de 6 cuadras que van desde la intersección del Jr. José Sabogal con el Jr. Francisco Bolognesi hasta su vertido en la quebrada Alameda. Su longitud total es de 504.40 m aproximadamente.

4.2.3 Diseño y Funcionamiento Hidráulico

Con el software especializado SWMM 5.1, se realizan las simulaciones para evaluar el funcionamiento de las redes de drenaje pluvial y su impacto directo en

el escurrimiento de las calles de la ciudad de Cajabamba, considerando la variación de la precipitación a lo largo del tiempo. En la Figura 4.8 se observa que para el instante máximo de la tormenta, con los conductos propuestos, los calados en las calles de la Zona Superior y Media es menor a los 3 cm.

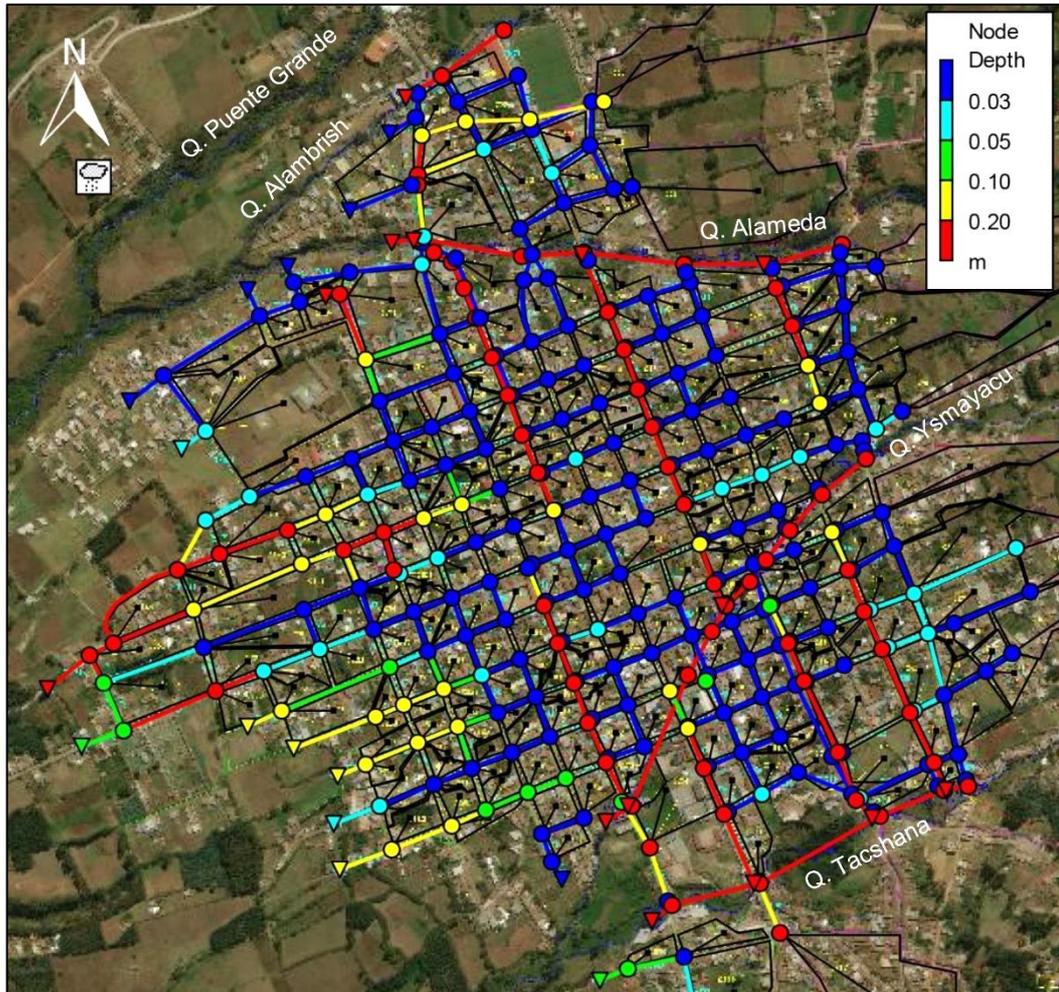


Figura 4.8. Calado máximo en las calles con la red de drenaje pluvial

Fuente: Modelo SWMM 5.1 e Imagen satelital de Bing Maps.

En las Figuras 4.9, 4.10 y 4.11 se muestran los perfiles de lámina de agua en el eje de los conductos que descargan en las quebradas Tacshana, Ysmayacu y Alameda, respectivamente, para el instante máximo de la tormenta, verificándose que ningún tramo de tubería entra en carga. En los Cuadros 4.2 y 4.3 se muestran las cotas del terreno y fondo de los de los conductos y pozos de visita de la red de drenaje pluvial, respectivamente. En el Cuadro 4.4 se muestra un resumen de los resultados de los cálculos hidráulicos en cada conducto de la red de drenaje pluvial, verificándose que las velocidades sean menores a los 6 m/s.

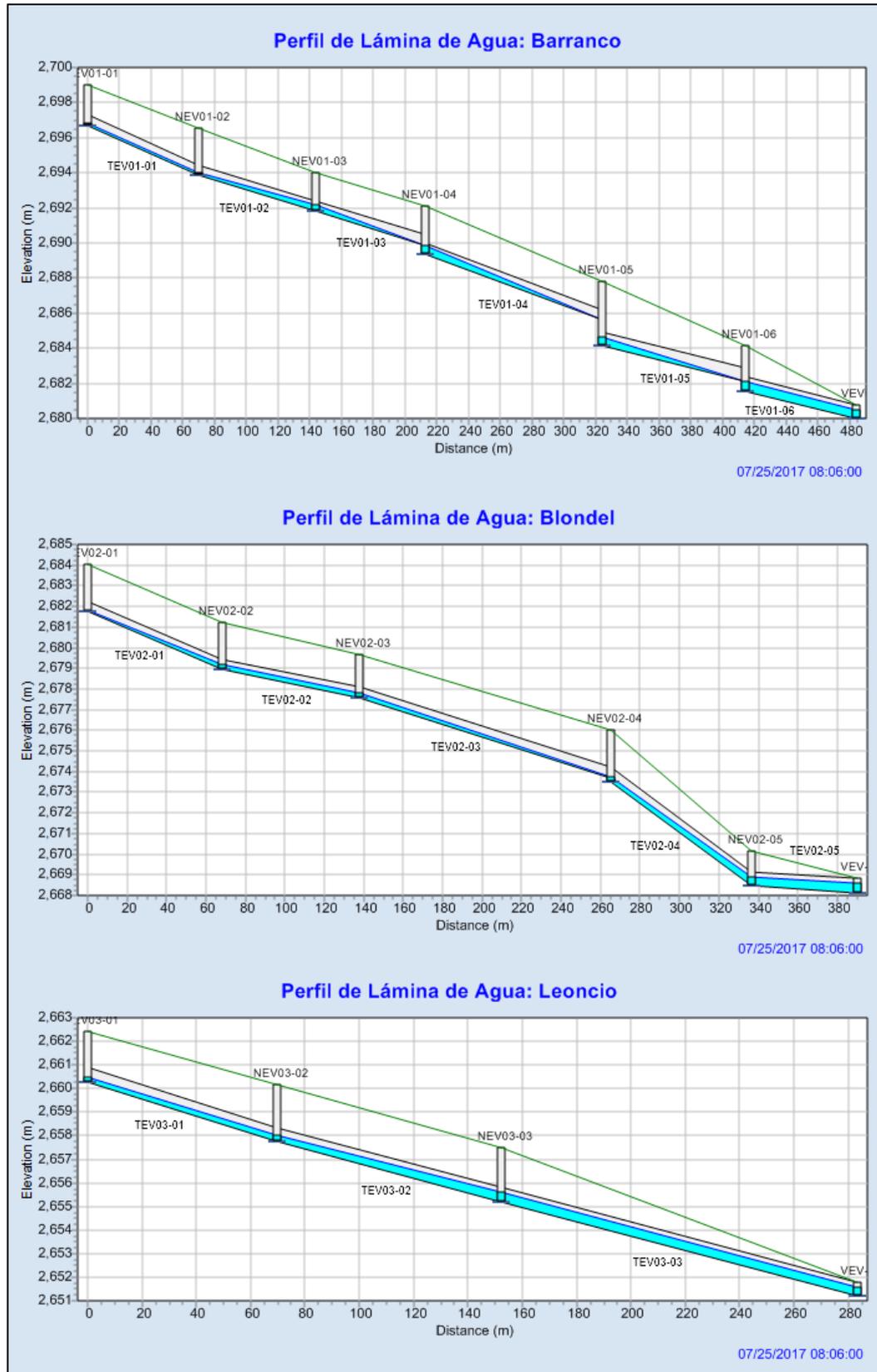


Figura 4.9. Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Tacshana
 Fuente: Modelo SWMM 5.1.

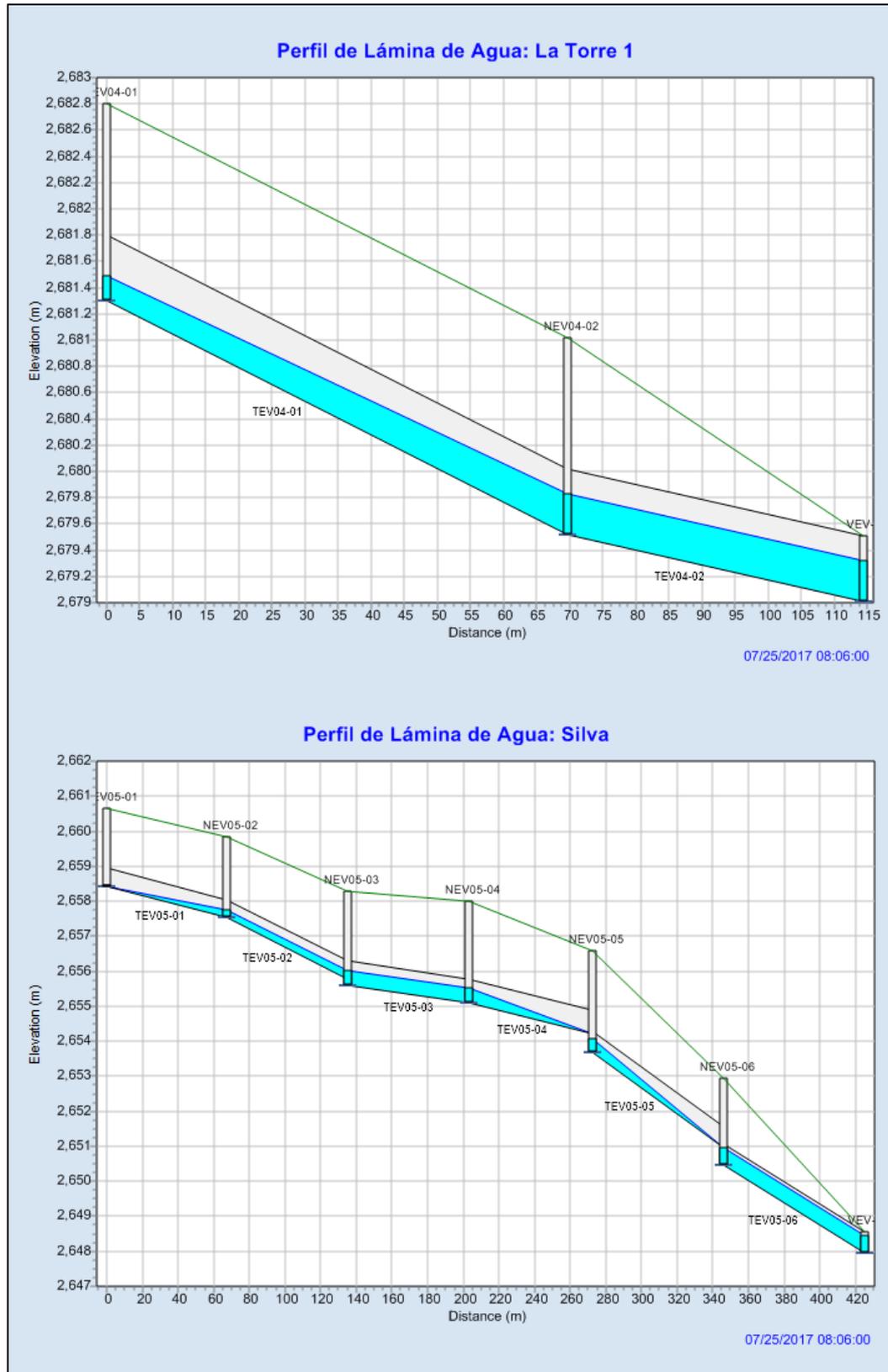


Figura 4.10. Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Ysmayacu

Fuente: Modelo SWMM 5.1.

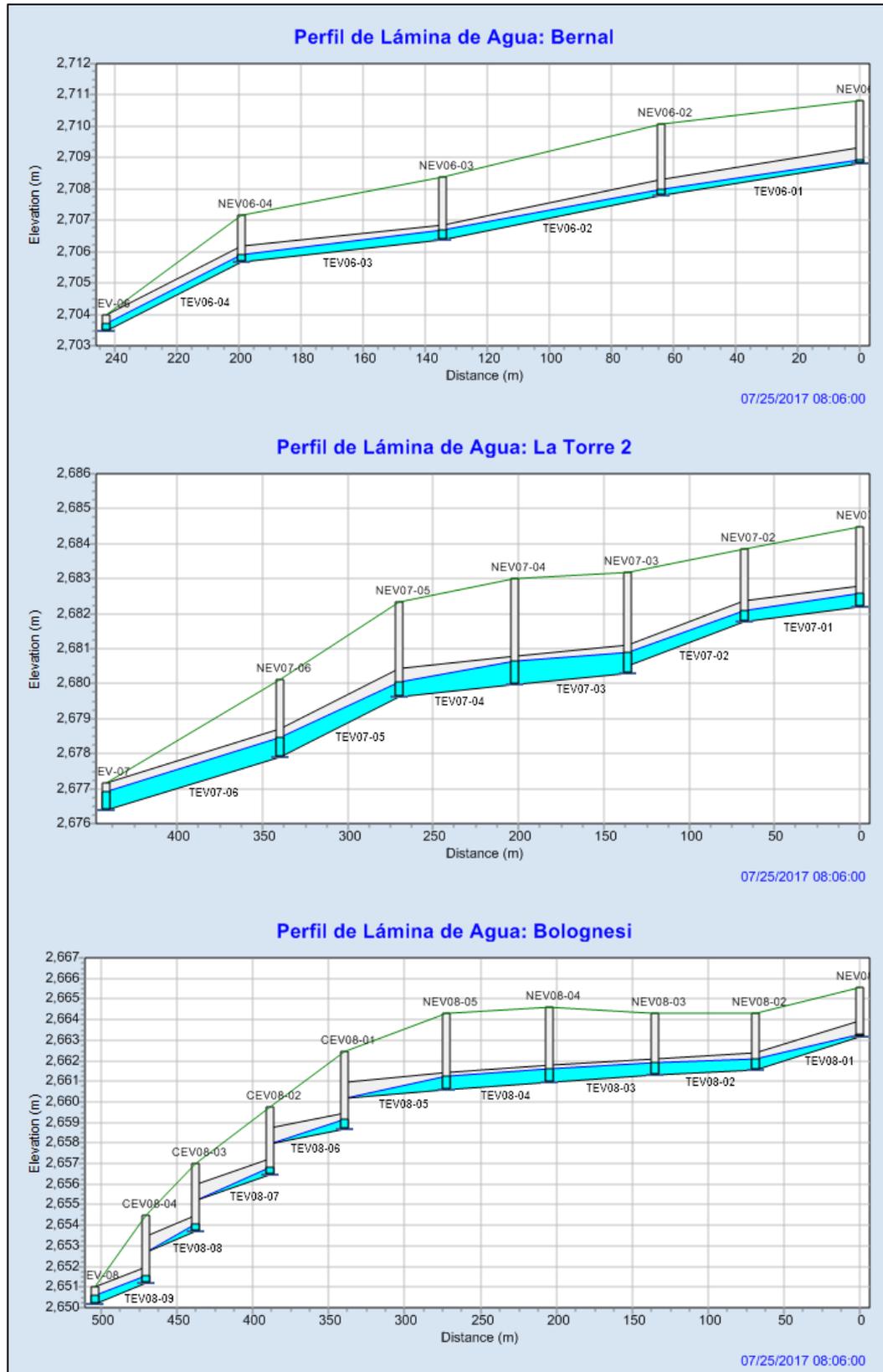


Figura 4.11. Perfiles de lámina de agua de los conductos que descargan en la quebrada Alameda
 Fuente: Modelo SWMM 5.1.

Cuadro 4.2. Cotas de los conductos de la red de drenaje pluvial

Conducto	Pozo de Entrada	Pozo de Salida o Vertido	Cota de Terreno del Conducto		Cota de Fondo del Conducto		Profundidad del Conducto	
			Entrada (m)	Salida (m)	Entrada (m)	Salida (m)	Entrada (m)	Salida (m)
Barranco								
TEV01-01	NEV01-01	NEV01-02	2699.00	2696.54	2696.70	2693.85	2.30	2.70
TEV01-02	NEV01-02	NEV01-03	2696.54	2694.00	2693.85	2691.80	2.70	2.20
TEV01-03	NEV01-03	NEV01-04	2694.00	2692.08	2691.80	2689.90	2.20	2.20
TEV01-04	NEV01-04	NEV01-05	2692.08	2687.82	2689.40	2685.60	2.70	2.20
TEV01-05	NEV01-05	NEV01-06	2687.82	2684.18	2684.10	2682.10	3.70	2.10
TEV01-06	NEV01-06	VEV-01	2684.18	2681.80	2681.60	2680.00	2.60	1.80
Blondel								
TEV02-01	NEV02-01	NEV02-02	2684.05	2681.25	2681.75	2678.95	2.30	2.30
TEV02-02	NEV02-02	NEV02-03	2681.25	2679.69	2678.95	2677.60	2.30	2.10
TEV02-03	NEV02-03	NEV02-04	2679.69	2676.00	2677.60	2673.70	2.10	2.30
TEV02-04	NEV02-04	NEV02-05	2676.00	2670.15	2673.50	2668.45	2.50	1.70
TEV02-05	NEV02-05	VEV-02	2670.15	2669.84	2668.45	2668.15	1.70	1.70
Leoncio								
TEV03-01	NEV03-01	NEV03-02	2662.40	2660.16	2660.30	2657.75	2.10	2.40
TEV03-02	NEV03-02	NEV03-03	2660.16	2657.50	2657.75	2655.20	2.40	2.30
TEV03-03	NEV03-03	VEV-03	2657.50	2652.80	2655.20	2651.20	2.30	1.60
La Torre 1								
TEV04-01	NEV04-01	NEV04-02	2682.80	2681.02	2681.30	2679.50	1.50	1.50
TEV04-02	NEV04-02	VEV-04	2681.02	2680.51	2679.50	2679.00	1.50	1.50
Silva								
TEV05-01	NEV05-01	NEV05-02	2660.64	2659.83	2658.45	2657.55	2.20	2.30
TEV05-02	NEV05-02	NEV05-03	2659.83	2658.29	2657.55	2655.80	2.30	2.50
TEV05-03	NEV05-03	NEV05-04	2658.29	2657.99	2655.60	2655.10	2.70	2.90
TEV05-04	NEV05-04	NEV05-05	2657.99	2656.60	2655.10	2654.20	2.90	2.40
TEV05-05	NEV05-05	NEV05-06	2656.60	2652.96	2653.70	2650.95	2.90	2.00
TEV05-06	NEV05-06	VEV-05	2652.96	2649.55	2650.45	2647.95	2.50	1.60
Bernal								
TEV06-01	NEV06-01	NEV06-02	2710.83	2710.09	2708.85	2707.80	2.00	2.30
TEV06-02	NEV06-02	NEV06-03	2710.09	2708.37	2707.80	2706.35	2.30	2.00
TEV06-03	NEV06-03	NEV06-04	2708.37	2707.18	2706.35	2705.70	2.00	1.50
TEV06-04	NEV06-04	VEV-06	2707.18	2704.97	2705.70	2703.45	1.50	1.50
La Torre 2								
TEV07-01	NEV07-01	NEV07-02	2684.49	2683.86	2682.20	2681.75	2.30	2.10
TEV07-02	NEV07-02	NEV07-03	2683.86	2683.19	2681.75	2680.50	2.10	2.70
TEV07-03	NEV07-03	NEV07-04	2683.19	2682.99	2680.30	2680.00	2.90	3.00
TEV07-04	NEV07-04	NEV07-05	2682.99	2682.34	2680.00	2679.65	3.00	2.70
TEV07-05	NEV07-05	NEV07-06	2682.34	2680.11	2679.65	2677.90	2.70	2.20
TEV07-06	NEV07-06	VEV-07	2680.11	2678.17	2677.90	2676.35	2.20	1.80
Bolognesi								
TEV08-01	NEV08-01	NEV08-02	2665.54	2664.28	2663.15	2661.60	2.40	2.70
TEV08-02	NEV08-02	NEV08-03	2664.28	2664.32	2661.60	2661.30	2.70	3.00
TEV08-03	NEV08-03	NEV08-04	2664.32	2664.58	2661.30	2661.00	3.00	3.60
TEV08-04	NEV08-04	NEV08-05	2664.58	2664.32	2661.00	2660.60	3.60	3.70
TEV08-05	NEV08-05	CEV08-01	2664.32	2662.48	2660.60	2660.20	3.70	2.30
TEV08-06	CEV08-01	CEV08-02	2662.48	2659.74	2658.70	2657.95	3.80	1.80
TEV08-07	CEV08-02	CEV08-03	2659.74	2657.00	2656.45	2655.20	3.30	1.80
TEV08-08	CEV08-03	CEV08-04	2657.00	2654.50	2653.70	2652.70	3.30	1.80
TEV08-09	CEV08-04	VEV-08	2654.50	2652.00	2651.20	2650.20	3.30	1.80

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.3. Cotas de los pozos de visita de la red de drenaje pluvial

Pozo	Progresiva (km)	Cota de Terreno (m)	Cota de Fondo (m)	Profundidad (m)	Tipo de Estructura
Barranco					
NEV01-01	0+000.0	2699.00	2696.70	2.30	Sin Caída
NEV01-02	0+069.6	2696.54	2693.85	2.70	Sin Caída
NEV01-03	0+143.7	2694.00	2691.80	2.20	Sin Caída
NEV01-04	0+212.5	2692.08	2689.40	2.70	Con Caída Libre de 0.50 m
NEV01-05	0+324.1	2687.82	2684.10	3.70	Con Caída de 1.50 m
NEV01-06	0+414.3	2684.18	2681.60	2.60	Con Caída Libre de 0.50 m
Blondel					
NEV02-01	0+000.0	2684.05	2681.75	2.30	Sin Caída
NEV02-02	0+068.0	2681.25	2678.95	2.30	Sin Caída
NEV02-03	0+137.5	2679.69	2677.60	2.10	Sin Caída
NEV02-04	0+265.5	2676.00	2673.50	2.50	Sin Caída
NEV02-05	0+336.7	2670.15	2668.45	1.70	Sin Caída
Leoncio					
NEV03-01	0+000.0	2662.40	2660.30	2.10	Sin Caída
NEV03-02	0+069.8	2660.16	2657.75	2.40	Sin Caída
NEV03-03	0+152.2	2657.50	2655.20	2.30	Sin Caída
La Torre 1					
NEV04-01	0+000.0	2682.80	2681.30	1.50	Sin Caída
NEV04-02	0+069.7	2681.02	2679.50	1.50	Sin Caída
Silva					
NEV05-01	0+000.0	2660.64	2658.45	2.20	Sin Caída
NEV05-02	0+067.0	2659.83	2657.55	2.30	Sin Caída
NEV05-03	0+135.3	2658.29	2655.60	2.70	Sin Caída
NEV05-04	0+203.4	2657.99	2655.10	2.90	Sin Caída
NEV05-05	0+272.2	2656.60	2653.70	2.90	Con Caída Libre de 0.50 m
NEV05-06	0+345.9	2652.96	2650.45	2.50	Con Caída Libre de 0.50 m
Bernal					
NEV06-01	0+000.0	2710.83	2708.85	2.00	Sin Caída
NEV06-02	0+063.8	2710.09	2707.80	2.30	Sin Caída
NEV06-03	0+134.4	2708.37	2706.35	2.00	Sin Caída
NEV06-04	0+199.4	2707.18	2705.70	1.50	Sin Caída
La Torre 2					
NEV07-01	0+000.0	2684.49	2682.20	2.30	Sin Caída
NEV07-02	0+067.5	2683.86	2681.75	2.10	Sin Caída
NEV07-03	0+136.1	2683.19	2680.30	2.90	Sin Caída
NEV07-04	0+202.4	2682.99	2680.00	3.00	Sin Caída
NEV07-05	0+269.9	2682.34	2679.65	2.70	Sin Caída
NEV07-06	0+339.9	2680.11	2677.90	2.20	Sin Caída
Bolognesi					
NEV08-01	0+000.0	2665.54	2663.15	2.40	Sin Caída
NEV08-02	0+068.8	2664.28	2661.60	2.70	Sin Caída
NEV08-03	0+135.3	2664.32	2661.30	3.00	Sin Caída
NEV08-04	0+205.0	2664.58	2661.00	3.60	Sin Caída
NEV08-05	0+272.3	2664.32	2660.60	3.70	Sin Caída
CEV08-01	0+339.6	2662.48	2658.70	3.80	Con Caída de 1.50 m
CEV08-02	0+388.7	2659.74	2656.45	3.30	Con Caída de 1.50 m
CEV08-03	0+437.9	2657.00	2653.70	3.30	Con Caída de 1.50 m
CEV08-04	0+471.1	2654.50	2651.20	3.30	Con Caída de 1.50 m

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.4. Resultados de los cálculos hidráulicos de los conductos de drenaje pluvial

Conducto	Diámetro Interior (m)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Hora del Caudal Máximo (h:min)	Caudal Máximo (l/s)	Velocidad Máxima (m/s)	Tirante Máximo / Diámetro (%)
Barranco							
TEV01-01	0.60	69.6	0.041	08:05	185.16	2.66	30
TEV01-02	0.60	74.1	0.028	08:05	371.41	2.83	47
TEV01-03	0.60	68.8	0.028	08:05	858.52	5.02	58
TEV01-04	0.60	111.7	0.034	08:06	1377.60	5.91	77
TEV01-05	0.80	90.2	0.023	08:06	1977.50	5.69	66
TEV01-06	0.80	70.0	0.023	08:06	1983.16	5.67	66
Blondel							
TEV02-01	0.50	68.0	0.041	08:05	98.02	1.62	35
TEV02-02	0.50	69.5	0.020	08:05	324.13	3.31	50
TEV02-03	0.50	128.0	0.030	08:05	448.75	4.42	51
TEV02-04	0.70	71.2	0.071	08:05	710.03	3.78	49
TEV02-05	0.70	53.5	0.006	08:05	710.67	2.63	66
Leoncio							
TEV03-01	0.60	69.8	0.036	08:05	316.87	3.06	39
TEV03-02	0.60	82.4	0.031	08:05	653.78	3.87	58
TEV03-03	0.60	131.1	0.031	08:05	1109.33	5.47	67
La Torre 1							
TEV04-01	0.50	69.7	0.026	08:05	276.77	2.61	53
TEV04-02	0.50	44.7	0.011	08:05	398.79	2.94	65
Silva							
TEV05-01	0.50	67.0	0.014	08:05	126.50	2.37	22
TEV05-02	0.50	68.3	0.025	08:05	312.88	3.68	47
TEV05-03	0.70	68.1	0.007	08:05	749.59	2.92	63
TEV05-04	0.70	68.8	0.013	08:05	987.24	3.90	63
TEV05-05	0.60	73.7	0.037	08:05	1172.87	5.99	65
TEV05-06	0.60	79.2	0.032	08:05	1411.33	5.73	81
Bernal							
TEV06-01	0.50	63.8	0.016	08:05	80.87	1.60	30
TEV06-02	0.50	70.5	0.020	08:05	198.72	2.00	50
TEV06-03	0.50	65.0	0.011	08:05	364.76	3.30	55
TEV06-04	0.50	43.5	0.051	08:05	481.81	5.44	46
La Torre 2							
TEV07-01	0.60	67.5	0.006	08:05	496.33	2.75	61
TEV07-02	0.60	68.6	0.019	08:05	653.43	3.83	62
TEV07-03	0.80	66.3	0.005	08:05	1027.79	2.43	78
TEV07-04	0.80	67.4	0.005	08:06	1224.42	3.47	66
TEV07-05	0.80	70.1	0.025	08:05	1416.01	4.50	60
TEV07-06	0.80	101.6	0.015	08:06	1719.94	4.69	69
Bolognesi							
TEV08-01	0.80	68.8	0.023	08:05	287.88	1.38	43
TEV08-02	0.80	66.5	0.004	08:05	723.68	1.98	70
TEV08-03	0.80	69.7	0.005	08:05	1056.14	2.58	76
TEV08-04	0.80	67.3	0.005	08:06	1164.96	2.76	79
TEV08-05	0.80	67.3	0.007	08:06	1355.22	3.21	80
TEV08-06	0.80	49.1	0.015	08:06	1358.33	4.48	58
TEV08-07	0.80	49.1	0.025	08:06	1360.38	5.44	50
TEV08-08	0.80	33.2	0.030	08:06	1361.70	5.81	47
TEV08-09	0.80	33.2	0.030	08:06	1362.48	5.80	47

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 4.5 se muestran los resultados de los cálculos hidráulicos de las calles donde se ubicarán las estructuras de captación.

Cuadro 4.5. Variables hidráulicas de las calles donde se ubican las estructuras de captación

Estructura de Captación	Calle					Pozo a Descargar
	Nombre	Ancho de Calzada (m)	Caudal Máximo (l/s)	Calado Máximo (cm)	Pendiente (m/m)	
Barranco						
OEV01-01	Jr. Arias	5.30	188.3	2.1	0.114	NEV01-01
OEV01-02	Jr. Portugal	5.30	190.3	2.1	0.122	NEV01-02
OEV01-03	Jr. Lara	6.15	481.6	3.5	0.106	NEV01-03
OEV01-04	Jr. Cáceres	6.00	521.0	3.9	0.087	NEV01-04
OEV01-05	Jr. S. Martín	8.30	591.6	3.3	0.103	NEV01-05
Blondel						
OEV02-01	Jr. Portugal	5.30	99.3	1.6	0.079	NEV02-01
OEV02-02	Jr. Lara	4.55	229.8	2.8	0.089	NEV02-02
OEV02-03	Jr. Cáceres	5.20	130.5	1.8	0.090	NEV02-03
OEV02-04	Jr. S. Martín	6.20	271.5	2.6	0.090	NEV02-04
Leoncio						
OEV03-01	Jr. Cáceres	4.95	318.8	3.6	0.062	NEV03-01
OEV03-02	Jr. J. Gálvez	6.30	341.6	3.0	0.079	NEV03-02
OEV03-03	Jr. S. Martín	6.20	452.0	3.6	0.081	NEV03-03
La Torre 1						
OEV04-01	Jr. A. Ugarte	5.20	279.2	2.9	0.089	NEV04-01
OEV04-02	Jr. Arias	4.35	123.6	1.8	0.117	NEV04-02
Silva						
OEV05-01	Jr. Calderón	4.35	126.5	2.0	0.093	NEV05-01
OEV05-02	Jr. A. Ugarte	4.50	316.1	3.5	0.084	NEV05-02
OEV05-03	Jr. Arias	4.00	438.4	4.9	0.067	NEV05-03
OEV05-04	Jr. Portugal	4.10	243.4	3.1	0.086	NEV05-04
OEV05-05	Jr. Lara	7.45	190.6	2.0	0.068	NEV05-05
OEV05-06	Jr. Cáceres	7.75	249.7	2.3	0.068	NEV05-06
Bernal						
OEV06-01	Jr. J. Sabogal	3.10	82.2	1.9	0.085	NEV06-01
OEV06-02	Jr. Cárdenas	3.70	121.2	2.1	0.100	NEV06-02
OEV06-03	Jr. Suarez	6.40	170.4	1.9	0.099	NEV06-03
OEV06-04	Jr. Odonovan	7.50	120.9	1.4	0.102	NEV06-04
La Torre 2						
OEV07-01	Jr. L. Prado	5.30	494.8	4.0	0.095	NEV07-01
OEV07-02	Jr. J. Sabogal	4.65	164.9	2.2	0.102	NEV07-02
OEV07-03	Jr. Cárdenas	4.60	381.9	3.6	0.104	NEV07-03
OEV07-04	Jr. Suarez	4.10	223.7	2.8	0.106	NEV07-04
OEV07-05	Jr. Odonovan	6.30	214.5	2.3	0.086	NEV07-05
OEV07-06	Jr. Zavala	4.30	310.1	3.5	0.091	NEV07-06
Bolognesi						
OEV08-01	Jr. J. Sabogal	4.05	291.5	3.4	0.095	NEV08-01
OEV08-02	Jr. Cárdenas	4.25	442.0	4.2	0.096	NEV08-02
OEV08-03	Jr. Suarez	4.80	341.3	3.5	0.090	NEV08-03
OEV08-04	Jr. Odonovan	5.10	120.0	1.8	0.086	NEV08-04
OEV08-05	Jr. Zavala	4.50	209.4	2.8	0.083	NEV08-05

Fuente: Elaboración propia.

Las estructuras de captación están conformados por un canal de captación, ubicado transversalmente en todo lo ancho de la calzada, cubierto por un conjunto de rejillas. La conexión del canal con la red de drenaje pluvial se realiza a través de una caja de sedimentación y una tubería que descargará en el pozo de visita de la red de drenaje pluvial (ver Figura 4.12).

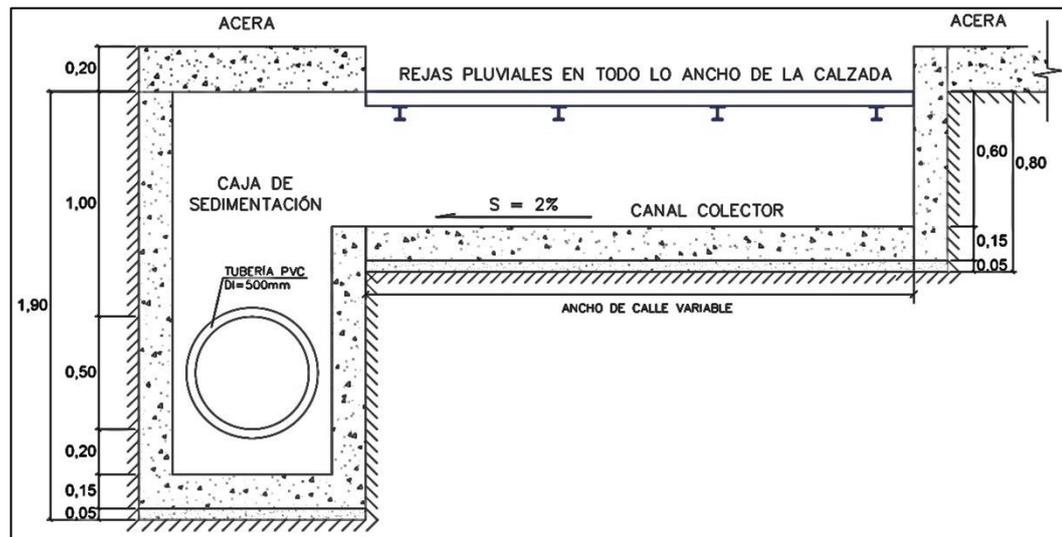


Figura 4.12. Corte transversal de la estructura de captación

Fuente: Elaboración propia.

La empresa CLABSA y la SIHH del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Politécnica de Cataluña, realizaron diversos ensayos sobre el comportamiento de las rejillas pluviales, obteniendo expresiones matemáticas para calcular su eficiencia hidráulica de captación, en función de unos parámetros de las rejillas (Trapote, A. 2011). Para las características del flujo en las calles de la ciudad de Cajabamba, se consideran rejillas de barras paralelas que cumplan con al menos un 80% de eficiencia al paso del máximo caudal.

De lo estudiado en el apartado “3.9.2 Periodo de Retorno de la Lluvia”, se recomienda ubicar a las estructuras de vertido por encima de los niveles máximos de la superficie libre del agua en las quebradas, asociados al periodo de retorno en las quebradas de 100 años y en el sistema de drenaje pluvial de 50 años.

En el Cuadro 4.6 se muestra un resumen de todas las estructuras necesarias en la red de drenaje pluvial de la ciudad de Cajabamba. En el Anexo J se muestran los planos de diseño preliminar de los Conductos, Estructuras de Captación, Pozos de Visita sin Caída, Pozos de Visita con Caída y Deflector Interior.

Cuadro 4.6. Cuadro resumen de estructuras necesarias en la red de drenaje pluvial

Red de Drenaje Pluvial	Longitud de los Conductos (m)	Nº Estructuras de Captación	Nº Pozos de Visita sin Caída	Nº Pozos de Visita con Caída Libre	Nº Pozos con Caída y Deflector Interior	Nº Estructuras de Vertido
Barranco	484.20	5	3	2	1	1
Blondel	390.20	4	5	0	0	1
Leoncio	283.30	3	3	0	0	1
La Torre 1	114.40	2	2	0	0	1
Silva	425.20	6	4	2	0	1
Bernal	242.80	4	4	0	0	1
La Torre 2	441.50	6	6	0	0	1
Bolognesi	504.20	5	5	0	4	1
TOTAL	2885.80	35	32	4	5	8

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Drenaje en Calles Pavimentadas

El Sector 1 es atravesado longitudinalmente por un canal tapado de regadío en dimensiones de 56 cm x 60 cm, atravesando calles y viviendas hasta la parte baja, donde se une al borde exterior de la calzada del Jr. San Lorenzo y cumple la función de una canaleta de evacuación pluvial hasta su vertido en la quebrada Alameda. En la simulación de la situación actual se observó que dicha canaleta tiene la capacidad para captar las aguas pluviales de las calles que atraviesa. No obstante, también se observa la presencia de rejas pluviales inhabilitadas en el Jr. José Balta con vertiente hacia la quebrada Alambrish (ver Fotografía 4.1).



Fotografía 4.1. Estructuras pluviales existentes en el Sector 1

Fuente: Fotografía propia. 2016.

En la Figura 4.13 se observa en el modelo SWMM 5.1 que con la propuesta de rehabilitación de una reja pluvial del Sector 1, los calados máximos en las calles de los Jr. San Lorenzo y Jr. José Balta disminuyen y son menores a los 3 cm.

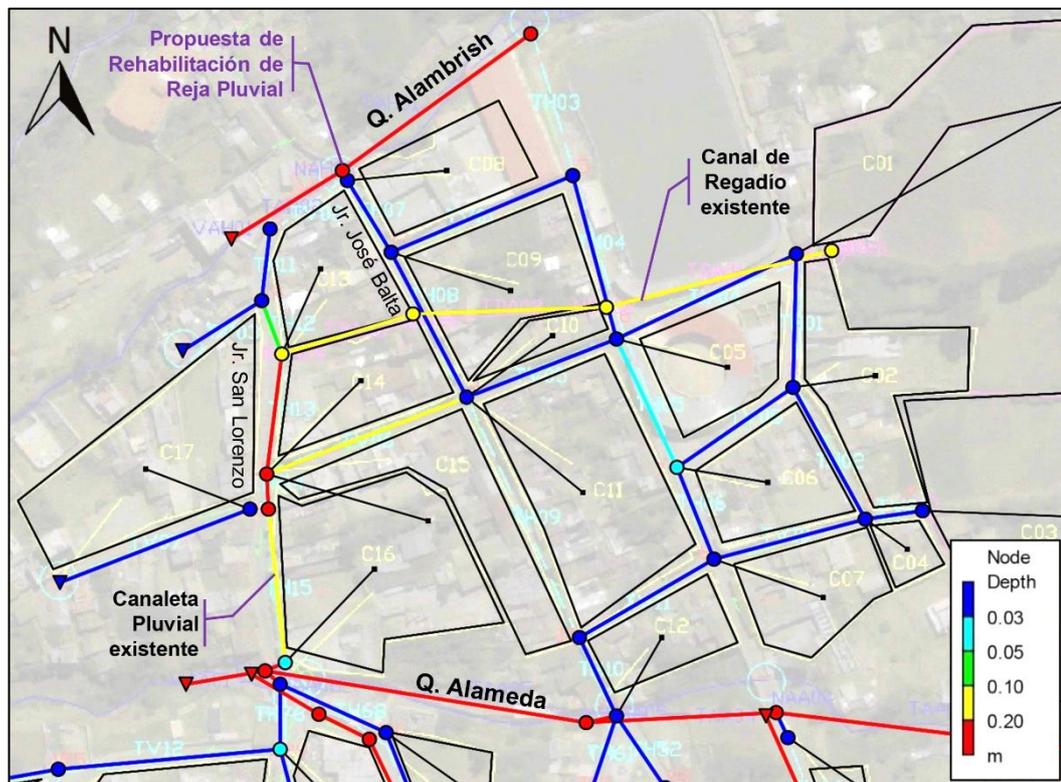


Figura 4.13. Calado máximo en las calles del Sector 1 con la propuesta de drenaje pluvial
Fuente: Modelo SWMM 5.1 e Imagen satelital de Bing Maps.

En la Figura 4.14 se muestran los calados de las calles (algunos con cunetas pluviales) de la Zona Inferior de la ciudad, en el instante máximo de la tormenta. Luego de las calles pavimentadas, la escorrentía superficial sigue su curso natural hacia cauces naturales y canales de regadío existentes en dicha zona.

En el Cuadro 4.7 se muestran las dimensiones de las cunetas pluviales, ubicadas en ambos extremos de las calles de la Zona Inferior de la ciudad, y los resultados de los cálculos hidráulicos del SWMM 5.1 para el último tramo de la calle. En las calles con cunetas triangulares y sin cunetas, la altura de la vereda varía de 20 cm a 25 cm, mientras que en las calles con cunetas rectangulares, la altura de la vereda varía de 35 cm a 40 cm. Por lo tanto, los calados no llegan a superar a la altura de veredas, y junto a las velocidades cumplen con los criterios de estabilidad de las personas y un nivel bajo de peligro de inundación en las viviendas en la Zona Inferior de la ciudad de Cajabamba.

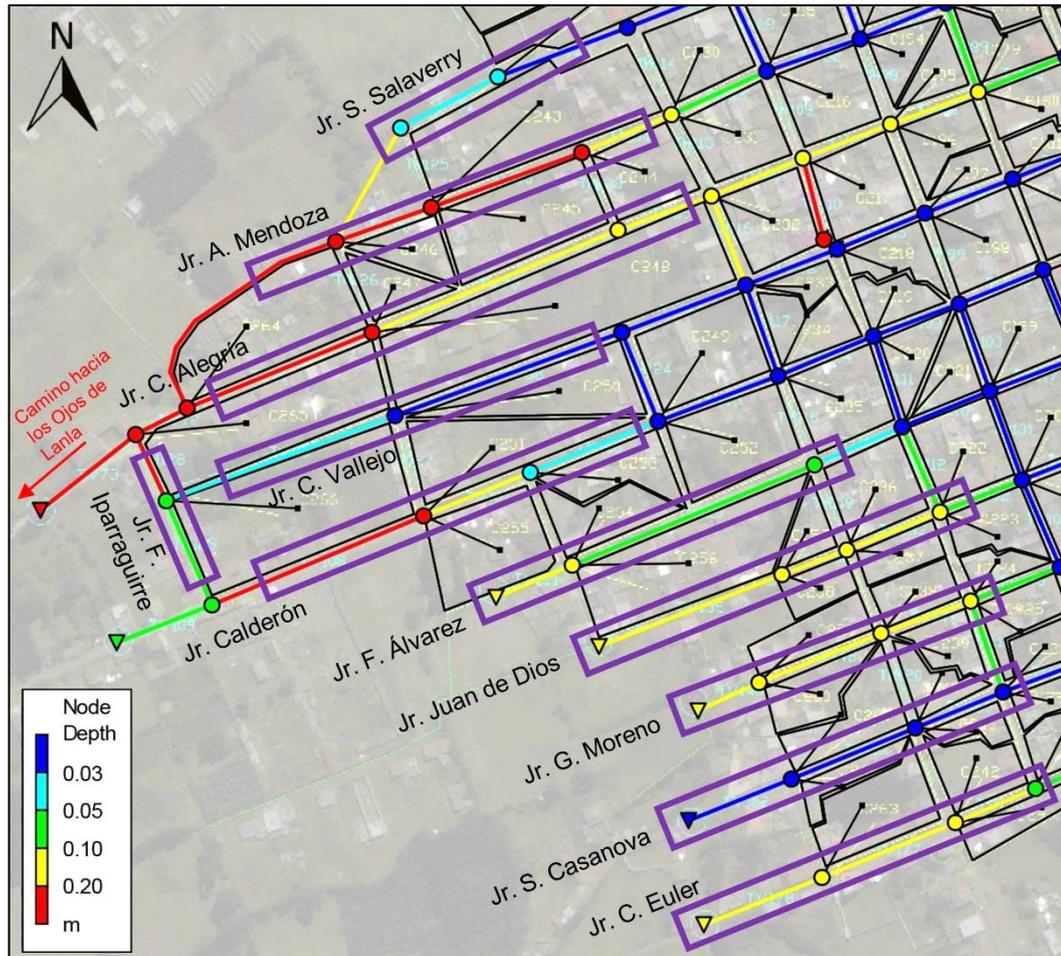


Figura 4.14. Calado máximo en las calles de la Zona Inferior
Fuente: Modelo SWMM 5.1 e Imagen satelital de Bing Maps.

Cuadro 4.7. Cálculos hidráulicos de las cunetas pluviales de la Zona Inferior de la ciudad

Calle			Cuneta Pluvial Existente			Cálculo Hidráulico		
Nombre	Ancho (m)	Pendiente (m/m)	Tipo	Ancho Superficial (m)	Altura (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Calado (m)
Jr. S. Salaverry	5.70	0.0567	-	-	-	353.03	1.72	0.04
Jr. A. Mendoza	6.40	0.0262	Rectangular	0.35	0.18	802.41	1.73	0.23
Jr. C. Alegría	6.40	0.0647	Rectangular	0.35	0.18	718.28	2.18	0.21
Jr. F. Iparraguirre	7.00	0.0943	-	-	-	764.33	2.51	0.04
Jr. C. Vallejo	5.70	0.0639	-	-	-	181.31	1.37	0.02
Jr. Calderón	6.80	0.0376	Rectangular	0.30	0.28	575.19	1.62	0.31
Jr. F. Álvarez	6.00	0.0622	Triangular	0.50	0.09	219.52	1.28	0.11
Jr. Juan de Dios	5.00	0.0589	Triangular	0.28	0.09	624.67	2.26	0.14
Jr. G. Moreno	5.00	0.0724	Triangular	0.28	0.09	443.43	2.09	0.13
Jr. S. Casanova	5.60	0.0701	-	-	-	320.15	1.87	0.03
Jr. C. Euler	5.80	0.0584	Triangular	0.49	0.13	378.19	1.74	0.16

Fuente: Elaboración propia.

La simulación en el SWMM 5.1 de la situación actual de la ciudad de Cajabamba (sin sistema de drenaje pluvial) indica que en la parte más baja del Sector 4 (intersección del Jr. F. Iparraguirre con el Jr. C. Alegría), se presenta el mayor problema de escorrentía superficial y erosión constante de la vía de comunicación hacia los Ojos de Lanla y cuatro comunidades, la cual corresponde con la realidad. Sin embargo, con el sistema de drenaje pluvial propuesto, la escorrentía superficial en dicha zona se reduce considerablemente. En el Cuadro 4.8 se muestran las dimensiones y los resultados de los cálculos hidráulicos del canal natural ubicado a un extremo de la vía de dicha vía de acceso secundario.

Cuadro 4.8. Dimensiones y variables hidráulicas del canal natural hacia los Ojos de Lanla

Parámetro	Unidad	Canal Natural
Ancho de Solera	m	1.20
Altura	m	1.00
Pendiente	m/m	0.089
Coeficiente de Manning	1	0.035
Caudal Máximo	l/s	2531.06
Velocidad	m/s	3.74
Tirante Normal	m	0.56
Número de Froude	1	1.59

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Resultados del Vertido de Aguas Pluviales hacia las Quebradas

De lo mencionado en el apartado 3.9.2 de la presente tesis, se ha optado por diseñar el escurrimiento superficial de las quebradas para un periodo de retorno de 100 años, asumiendo una aportación (desde el sistema de drenaje pluvial) de caudal de un periodo de retorno de 50 años. Esto es tan solo para diseñar el cauce de las quebradas, por lo que se realizó una comprobación del comportamiento hidráulico de las calles urbanas para una lluvia con periodo de retorno de 50 años, del cual, con el sistema de drenaje propuesto, sigue cumpliendo con todos los criterios de diseño estudiados en la presente tesis.

En el Cuadro 4.9 se muestran los caudales aportantes hacia las quebradas para un periodo de lluvia de 50 años y en el Cuadro 4.10 se muestran los resultados de los tirantes y altura mínima admisible de diseño, la cual nos indica la altura libre mínima que debe existir desde la base del cauce principal hasta la ubicación

adecuada de las estructuras de vertido y edificaciones cercanas a las riveras de dichos cauces.

Cuadro 4.9. Caudales de diseño en las quebradas dentro de la zona urbana de la ciudad

Nº	Quebrada	Sección	Caudal TR=100 años (m³/s)	Con Sistema de Drenaje Pluvial Urbano	
				Caudal Aportante TR=50 años (m³/s)	Caudal de Diseño (m³/s)
1	Puente Grande	General	43.19	0.00	43.19
2	Alameda	General	19.66	3.99	23.65
3	Tacshana	General	6.20	4.29	10.49
4	El Padre	General	1.14	0.00	1.14
5	Ysmayacu	Tramo 1 - Y1	6.82	0.00	6.82
		Tramo 1 - Y2	6.82	0.00	6.82
		Tramo 2 - Y3	6.82	0.44	7.26
		Tramo 2 - Y4	6.82	1.93	8.75
6	Alambrish	Tramo 1 - A1	1.37	0.00	1.37
		Tramo 1 - A2	1.37	0.35	1.72

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.10. Altura mínima admisible en las quebradas dentro de la zona urbana de la ciudad

Nº	Quebrada	Sección	Tirante Normal (m)	Borde Libre de Diseño (m)	Altura Mínima Admisible de Diseño (m)	Altura actual de la sección (m)
1	Puente Grande	General	1.45	1.35	2.80	mayor a 3.00
2	Alameda	General	1.04	1.25	2.29	mayor a 3.00
3	Tacshana	General	0.99	1.11	2.10	mayor a 3.00
4	El Padre	General	0.30	0.81	1.11	mayor a 1.20
5	Ysmayacu	Tramo 1 - Y1	0.59	1.04	1.63	2.00
		Tramo 1 - Y2	0.55	1.04	1.59	1.53
		Tramo 2 - Y3	0.58	1.05	1.63	2.00
		Tramo 2 - Y4	0.61	1.08	1.69	2.00
6	Alambrish	Tramo 1 - A1	0.25	0.82	1.07	2.40
		Tramo 1 - A2	0.29	0.85	1.14	2.40

Fuente: Elaboración propia.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.3.1 Sectores Críticos

En la Figura 4.15 se presenta una comparación de los caudales máximos (asociados al periodo de retorno de 25 años) en los tramos finales de los 8

sectores críticos de la ciudad de Cajabamba, entre la situación actual y la propuesta del sistema de drenaje pluvial. Se puede apreciar una reducción del caudal máximo en todos los sectores críticos, en especial en los Sectores 4 y 8, con 1788.41 l/s (41.40%) y 1039.80 l/s (74.30%) respectivamente.

En los Sectores 1 y 2, que cuentan actualmente con algunas estructuras de drenaje pluvial (tipo canal y reja) y con la propuesta de rehabilitación de una reja pluvial (Sector 1), se pueden apreciar pequeñas reducciones del caudal máximo, inferiores al 15%. En el Sector 3, que también cuenta con una estructura de drenaje pluvial (tipo reja) se aprecia una reducción del caudal máximo en un 43.20%. Además, en los Sectores 5, 6 y 7 se aprecian reducciones del caudal máximo de hasta un 50%.

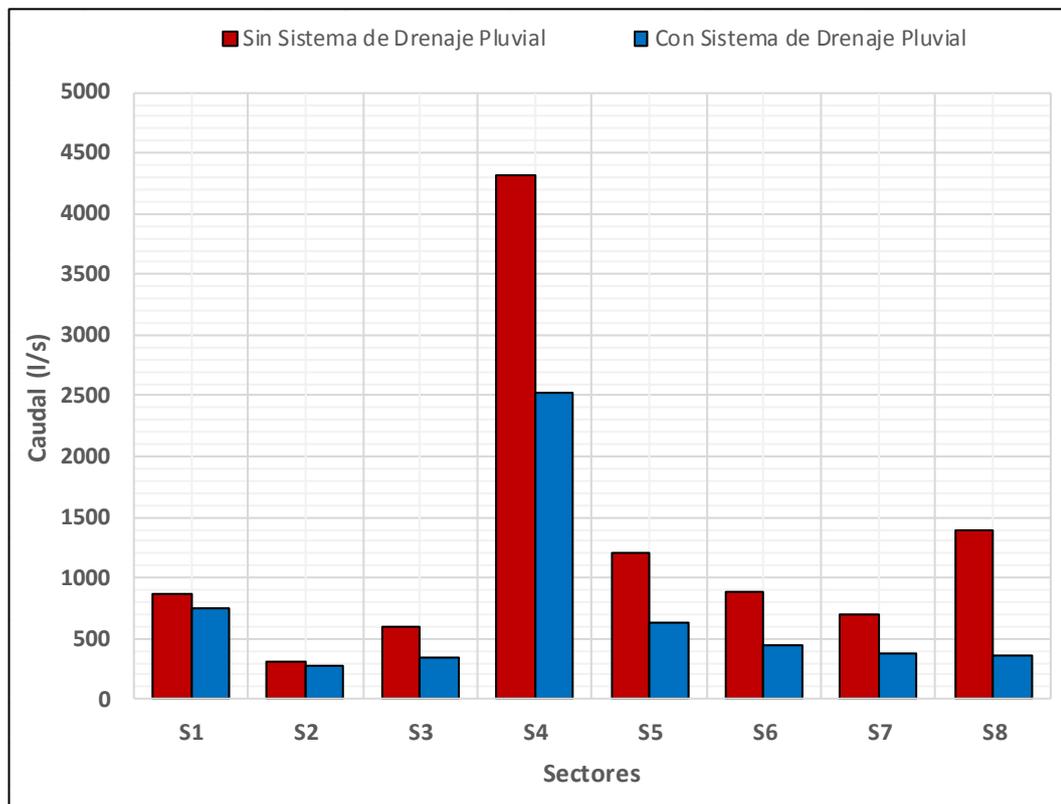


Figura 4.15. Comparación del caudal máximo en los sectores críticos

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Peligrosidad del Flujo en las Calles

La evaluación de los criterios de peligrosidad del flujo en las calles, entre la situación actual y la propuesta del sistema de drenaje pluvial (asociados a un periodo de retorno de lluvia de 25 años), se realizó en 11 calles de la Zona Inferior

de la ciudad de Cajabamba, pertenecientes a los últimos tramos de los sectores críticos que van desde el Sector 3 hasta el Sector 7 (ver Figura 4.14).

En la Figura 4.16 se presenta una comparación de la estabilidad al deslizamiento de las personas (Nanía, 1999). Se puede observar que con la propuesta del sistema de drenaje pluvial, en la mayoría de las calles se presenta una gran reducción (superior al 50%) en el peligro al deslizamiento. Con este criterio se puede observar que ante la propuesta del sistema de drenaje pluvial, las calles de estos sectores no necesitan modificar o redimensionar sus estructuras pluviales existentes (cunetas).

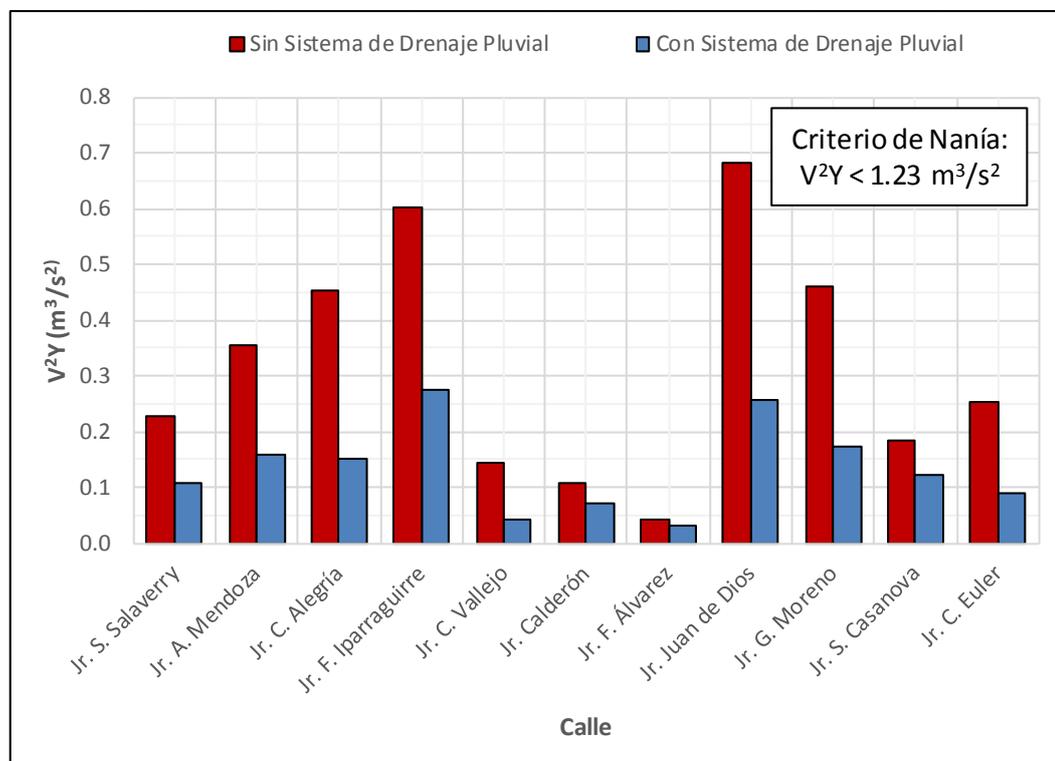


Figura 4.16. Comparación de la peligrosidad del flujo al deslizamiento por calle

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.17 se presenta una comparación de la estabilidad al vuelco de las personas (SIHH, UPC, 2001). Se puede observar que con la propuesta del sistema de drenaje pluvial, en la mayoría de las calles se presenta una reducción de hasta un 50% en el peligro al vuelco de las personas. En ambos criterios se observa que en los jirones C. Alegría y C. Vallejo son las calles donde se presentan las mayores reducciones de peligrosidad por la influencia del Sistema de Drenaje Pluvial.

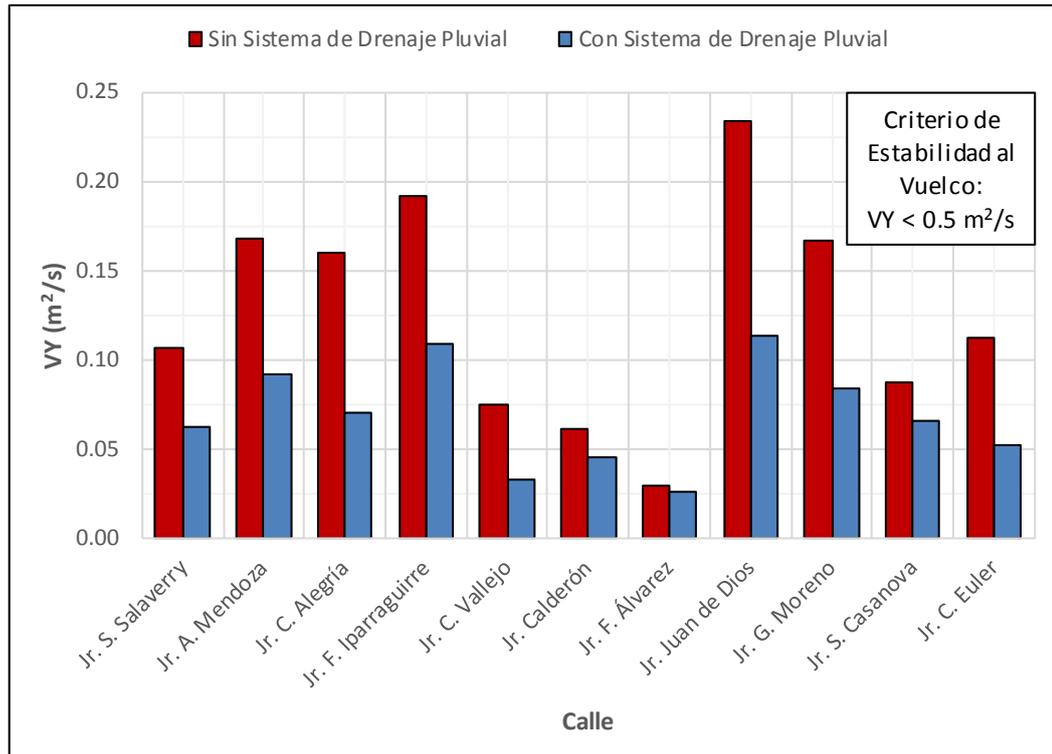


Figura 4.17. Comparación de la peligrosidad del flujo al vuelco por calle

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.11. Comparación del nivel de peligro de inundación por calle

Calle	Sin Sistema de Drenaje Pluvial			Con Sistema de Drenaje Pluvial		
	Velocidad (m/s)	Calado en la calzada (m)	Nivel de Peligro	Velocidad (m/s)	Calado en la calzada (m)	Nivel de Peligro
Jr. S. Salaverry	2.13	0.05	Medio	1.72	0.04	Bajo
Jr. A. Mendoza	2.12	0.08	Medio	1.73	0.05	Bajo
Jr. C. Alegría	2.82	0.06	Medio	2.18	0.03	Bajo
Jr. F. Iparraguirre	3.14	0.06	Medio	2.51	0.04	Bajo
Jr. C. Vallejo	1.92	0.04	Bajo	1.37	0.02	Bajo
Jr. Calderón	1.77	0.03	Bajo	1.62	0.03	Bajo
Jr. F. Álvarez	1.48	0.02	Bajo	1.28	0.02	Bajo
Jr. Juan de Dios	2.92	0.08	Medio	2.26	0.05	Bajo
Jr. G. Moreno	2.77	0.06	Medio	2.09	0.04	Bajo
Jr. S. Casanova	2.10	0.04	Bajo	1.87	0.03	Bajo
Jr. C. Euler	2.25	0.05	Medio	1.74	0.03	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 4.11 se presenta una comparación de los niveles de peligro por inundación bajo el criterio de la FEMA de los Estados Unidos (ver Figura 4.3) que

relacionan el calado del agua (m) y la velocidad (m/s). Se puede observar que en la situación actual, 7 calles se encuentran en un Nivel Medio de Peligro, es decir, representa daños a la integridad de las personas, afectaciones a terrenos granulares y el arrastre de los sedimentos pueden llegar a afectar el interior de las viviendas. En cambio, con la propuesta del Sistema de Drenaje Pluvial, podemos observar que todas las calles se encuentran en un Nivel Bajo de Peligro, es decir, no representa una afectación a la población; pero las edificaciones y terrenos granulares pueden sufrir daños ligeros.

De esta manera se comprueba que con la propuesta del sistema de drenaje pluvial urbano se mejora considerablemente la transitabilidad de las personas, se reduce la destrucción del pavimento y erosión de trochas carrozables. Sobre todo en el camino hacia los Ojos de Lanla, se ha reducido considerablemente el caudal y velocidad del flujo pluvial, de tal manera que en un futuro se pueda iniciar un proyecto de empistado, teniendo en cuenta el nuevo caudal de diseño.

4.3.3 Variación del Caudal en las Quebradas

En el Cuadro 4.12 se muestra el incremento de los caudales máximos (asociados a un periodo de retorno de 100 años) en los cauces principales de las quebradas a la salida de los vertidos Bolognesi, Silva y Leoncio del Sistema de Drenaje Pluvial. Se puede observar que la quebrada Tacshana recibe el mayor aporte del escurrimiento urbano y genera un aumento de hasta 30 cm en su tirante normal; pero, en general, ningún aporte pluvial urbano ha producido alturas superiores a las alturas actuales de las secciones en las quebradas.

Cuadro 4.12. Incremento del caudal en las quebradas de estudio y altura mínima admisible

Quebrada	Sin Sistema de Drenaje Pluvial		Con Sistema de Drenaje Pluvial		Increm. del Caudal (m ³ /s)	Altura Mínima Admis. (m)	Altura Actual de la Sección (m)
	Caudal (m ³ /s)	Tirante Normal (m)	Caudal (m ³ /s)	Tirante Normal (m)			
Puente Grande	43.19	1.45	43.19	1.45	0.00	2.80	mayor a 3.00
Alambrish	1.37	0.25	1.72	0.29	0.35	1.14	2.4
Alameda	19.66	0.91	23.65	1.04	3.99	2.29	mayor a 3.00
Ysmayacu	6.82	0.52	8.75	0.61	1.93	1.69	2.0
Tacshana	6.20	0.68	10.49	0.99	4.29	2.10	mayor a 3.00
El Padre	1.14	0.30	1.14	0.30	0.00	1.11	mayor a 1.20

Fuente: Elaboración propia.

4.4 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTO

4.4.1 Metrados

En el Anexo I se muestran los cálculos de los metrados del sistema de drenaje pluvial, los cuales están basados en el “Manual de Costos y Presupuestos de Obras Hidráulicas y de Saneamiento” del Ing. Walter Ibáñez. Los metrados consistieron en cuantificar:

- Obras provisionales y preliminares para las 8 redes que conforman el sistema de drenaje pluvial.
- Movimiento de Tierras para Estructuras: Se cuantificó en metros cúbicos (m^3) las excavaciones con maquinaria en terreno semi rocoso para los Pozos del Tipo I (con diámetro interior de 1.20 m), Tipo II (con diámetro interior de 1.50 m), Pozo con Caída y Estructuras de Captación.
- Movimiento de Tierras para Tuberías: Se cuantificó en metros lineales (m) para las excavaciones en zanjas con maquinaria en terreno semi rocoso, considerando un ancho de zanja de 1.30 m (en tuberías de $D_i = 500$ mm y 600 mm) y de 1.60 m (en tuberías de $D_i = 700$ mm y 800 mm).
- Refine y Nivelación: Se cuantificó en metros cuadrados (m^2) el refinado y nivelación de los pozos de visita, estructuras de captación y tuberías.
- Entibaciones: Se cuantificó en metros cuadrados (m^2) las entibaciones de madera para las excavaciones en pozos de visita y zanjas.
- Suministro de Tuberías: Se cuantificó en metros (m) la cantidad de tuberías a utilizar, según los diámetros internos de 500 mm, 600 mm, 700 mm y 800 mm.
- Construcción de Estructuras: Se cuantificó la cantidad de estructuras a utilizar en unidades (und), las cuales lo conforman todos los tipos de pozos de visita, estructuras de captación y estructuras de vertido.
- Pavimentos en Zonas Afectadas: Se cuantificó en metros cuadrados (m^2) la cantidad de pavimento y vereda a romper para las excavaciones y su reposición respectiva.
- Eliminación de Material Excedente: Se cuantificó en metros cúbicos (m^3) la cantidad de material excedente a eliminar en un botadero ubicado a una distancia máxima de 5 km de la zona del proyecto.

4.4.2 Costos y Presupuesto

Se realizó el análisis de costos unitarios usando rendimientos e insumos que se tienen en la ciudad de Cajabamba, actualizados al año 2017. A los precios de las rejillas para las estructuras de captación y a las tuberías de PVC, se les ha incluido el costo del flete terrestre desde la ciudad de Lima debido a que no son productos comercializados en la ciudad de Cajabamba. Los porcentajes de gastos generales (15%) y utilidades (10%) son valores referenciales observados en otros proyectos con fines académicos.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
01	OBRAS PROVISIONALES				118,883.00
01.01	CASETA DE ALMACEN Y GUARDANIA 10.00x4.80 m	glb	8.00	7,521.36	60,170.88
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 3.60x2.40 m	und	8.00	961.06	7,688.48
01.03	MOV. Y DESMOV. DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	8.00	520.00	4,160.00
01.04	TRANSPORTE DE MATERIAL A OBRA	glb	8.00	419.52	3,356.16
01.05	CINTA PLÁSTICA SEÑALIZADA SEGURIDAD EN OBRA	m	5,771.60	1.99	11,485.48
01.06	PUENTE MADERA PARA PASE PEATONAL	und	90.00	355.80	32,022.00
02	TRABAJOS PRELIMINARES				11,225.76
02.01	TRAZO Y REPLAN. INICIAL OBRA P/LINEAS DRENAJE	m	2,885.80	1.31	3,780.40
02.02	TRAZO Y REPLAN. DURANT. OBRA P/LINEAS DRENAJE	m	2,885.80	1.73	4,992.43
02.03	TRAZO Y REPLAN. FINAL OBRA P/LINEAS DRENAJE	m	2,885.80	0.85	2,452.93
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				693,148.63
03.01	POZOS DE VISITA				38,714.40
03.01.01	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO I, Di=1.20m, H=1.50m-2.00m	m3	21.63	17.19	371.82
03.01.02	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO I, Di=1.20m, H=2.01m-2.50m	m3	78.72	18.92	1,489.38
03.01.03	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO I, Di=1.20m, H=2.51m-3.00m	m3	13.74	23.73	326.05
03.01.04	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO II, Di=1.50m, H=1.50m-2.00m	m3	5.89	18.01	106.08
03.01.05	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO II, Di=1.50m, H=2.01m-2.50m	m3	24.59	21.06	517.87
03.01.06	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO II, Di=1.50m, H=2.51m-3.00m	m3	87.98	25.34	2,229.41
03.01.07	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO TIPO II, Di=1.50m, H=3.51m-4.00m	m3	25.28	37.38	944.97
03.01.08	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO CAÍDA, H=3.01m- 3.50m	m3	50.69	31.81	1,612.45
03.01.09	EXCAV. C/MAQ. TSR. POZO CAÍDA, H=3.51m- 4.00m	m3	38.40	42.72	1,640.45
03.01.10	ENTIBACIONES DE MADERA EN POZOS	m2	866.01	24.64	21,338.49
03.01.11	REFINE Y NIVELACIÓN POZO TIPO I	m2	53.43	6.06	323.79
03.01.12	REFINE Y NIVELACIÓN POZO TIPO II	m2	51.95	6.06	314.82
03.01.13	REFINE Y NIVELACIÓN POZO CAÍDA	m2	25.60	6.06	155.14
03.01.14	ELIMIN. MATERIAL EXCEDENTE C/MAQ, Dmáx=5km	m3	365.54	20.09	7,343.70
03.02	ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN				16,372.48

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
03.02.01	EXCAV. C/MAQ. TSR. P/CANAL ESTÁNDAR, A=1.00m, B=4.90m, H=0.80m	m3	135.08	12.46	1,683.10
03.02.02	EXCAV. C/MAQ. TSR. P/ARQUETA ESTÁNDAR, A=1.00m, B=1.00, H=1.70m	m3	62.72	12.46	781.49
03.02.03	EXCAV. C/MAQ. TSR. P/ALBAÑAL ESTÁNDAR, Di=500mm, H=1.50m, A=1.30m	m3	259.50	12.46	3,233.37
03.02.04	REFINE Y NIVELACIÓN CANAL ESTÁNDAR	m2	159.94	6.06	969.24
03.02.05	REFINE Y NIVELACIÓN ARQUETA ESTÁNDAR	m2	42.85	6.06	259.67
03.02.06	REFINE Y NIVELACIÓN ALBAÑAL ESTÁNDAR	m2	203.80	6.06	1,235.03
03.02.07	ELIMIN. MATERIAL EXCEDENTE C/MAQ, Dmáx=5km	m3	408.69	20.09	8,210.58
03.03	ZANJA PARA TUBERÍAS				638,061.76
03.03.01	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=1.51-2.00m, A=1.30m	m	354.00	18.40	6,513.60
03.03.02	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=2.01-2.50m, A=1.30m	m	1,300.50	24.28	31,576.14
03.03.03	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=1.51-2.00m, A=1.60m	m	155.10	21.77	3,376.53
03.03.04	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=2.01-2.50m, A=1.60m	m	211.30	25.67	5,424.07
03.03.05	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=2.51-3.00m, A=1.60m	m	728.30	36.58	26,641.21
03.03.06	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=3.01-3.50m, A=1.60m	m	69.70	55.44	3,864.17
03.03.07	EXCAV. ZANJA C/MAQ. TSR. P/TUB. H=3.51-4.00m, A=1.60m	m	67.30	114.42	7,700.47
03.03.08	ENTIBACIONES DE MADERA EN ZANJAS	m2	13,709.30	24.64	337,797.15
03.03.09	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA, TSR, A=1.30m	m	1,654.50	2.18	3,606.81
03.03.10	REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJA, TSR, A=1.60m	m	1,231.70	2.18	2,685.11
03.03.11	CAMA DE APOYO P/TUB. TODA PROF. A=1.30m, H=0.10m	m	1,654.50	3.80	6,287.10
03.03.12	CAMA DE APOYO P/TUB. TODA PROF. A=1.60m, H=0.10m	m	1,231.70	3.80	4,680.46
03.03.13	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=1.51-2.00m, A=1.30m	m	354.00	36.33	12,860.82
03.03.14	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=2.01-2.50m, A=1.30m	m	1,300.50	50.82	66,091.41
03.03.15	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=1.51-2.00m, A=1.60m	m	155.10	31.80	4,932.18
03.03.16	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=2.01-2.50m, A=1.60m	m	211.30	42.37	8,952.78
03.03.17	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=2.51-3.00m, A=1.60m	m	728.30	63.50	46,247.05
03.03.18	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=3.01-3.50m, A=1.60m	m	69.70	84.62	5,898.01
03.03.19	RELL. COMP. ZANJA, TSR. P/TUB. H=3.51-4.00m, A=1.60m	m	67.30	126.88	8,539.02
03.03.20	ELIMIN. MATERIAL EXCEDENTE C/MAQ, Dmáx=5km	m3	2,209.44	20.09	44,387.66
04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS				1,561,724.90
04.01	SUMIN. TUBERÍA PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=500mm	m	758.00	297.15	225,239.70
04.02	SUMIN. TUBERÍA PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=600mm	m	896.50	419.03	375,660.40
04.03	SUMIN. TUBERÍA PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=700mm	m	261.60	480.65	125,738.04
04.04	SUMIN. TUBERÍA PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=800mm	m	969.70	798.06	773,878.78
04.05	INSTAL. TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=500mm + PR.HIDR. Z. ABIERTA	m	758.00	15.19	11,514.02
04.06	INSTAL. TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=600mm + PR.HIDR. Z. ABIERTA	m	896.50	16.87	15,123.96
04.07	INSTAL. TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=700mm + PR.HIDR. Z. ABIERTA	m	261.60	18.55	4,852.68

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)
04.08	INSTAL. TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=800mm + PR.HIDR. Z. ABIERTA	m	969.70	20.23	19,617.03
04.09	PUEBA HIDR. TUB. PVC A ZANJA TAPADA	m	2,885.80	3.50	10,100.30
05	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA				111,724.25
05.01	POZO TIPO I, Di=1.20m, H=1.50m-2.00m	und	5.00	1,290.10	6,450.50
05.02	POZO TIPO I, Di=1.20m, H=2.01m-2.50m	und	14.00	1,484.85	20,787.90
05.03	POZO TIPO I, Di=1.20m, H=2.51m-3.00m	und	2.00	1,679.60	3,359.20
05.04	POZO TIPO II, Di=1.50m, H=1.50m-2.00m	und	1.00	1,736.60	1,736.60
05.05	POZO TIPO II, Di=1.50m, H=2.01m-2.50m	und	3.00	1,978.85	5,936.55
05.06	POZO TIPO II, Di=1.50m, H=2.51m-3.00m	und	9.00	2,221.10	19,989.90
05.07	POZO TIPO II, Di=1.50m, H=3.01m-4.00m	und	2.00	2,705.60	5,411.20
05.08	POZO CAÍDA, H=3.01m-3.50m	und	3.00	6,239.60	18,718.80
05.09	POZO CAÍDA, H=3.51m-4.00m	und	2.00	7,227.60	14,455.20
05.10	DADOS DE EMPALME CONCRETO F'C=175 kg/cm2	und	160.00	92.99	14,878.40
06	CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN				186,559.49
06.01	CANAL ESTÁNDAR DE CAPTACIÓN, A=1.00m, B=5.20m, H=0.80m	und	35.00	1,078.99	37,764.65
06.02	REJILLA DE CAPTACIÓN ESTÁNDAR, RIEL PERFIL I DE 25lb, A=1.50, B=5.20m	und	35.00	2,389.00	83,615.00
06.03	ARQUETA ESTÁNDAR, A=1.00m, B=1.00, H=1.70m	und	35.00	700.00	24,500.00
06.04	ALBAÑAL ESTÁNDAR, TUBERÍA PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=500mm	m	136.90	297.15	40,679.84
07	CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE VERTIDO				8,977.50
07.01	ESTRUCTURA DE VERTIDO, PARA TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=500mm	und	2.00	864.50	1,729.00
07.02	ESTRUCTURA DE VERTIDO, PARA TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=600mm	und	2.00	1,026.00	2,052.00
07.03	ESTRUCTURA DE VERTIDO, PARA TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=700mm	und	1.00	1,178.00	1,178.00
07.04	ESTRUCTURA DE VERTIDO, PARA TUB. PVC-U NTP ISO 4435, SN4 Di=800mm	und	3.00	1,339.50	4,018.50
08	PAVIMENTOS EN ZONAS AFECTADAS				521,312.66
08.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO C/MAQ., E=20cm	m2	4,121.40	44.43	183,113.80
08.02	CORTE Y ROTURA VEREDAS DE CONCRETO C/MAQ.	m2	177.97	16.66	2,964.98
08.03	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO F'C=210 kg/cm2, E=0.20m	m2	4,121.40	75.00	309,105.00
08.04	REPOSICIÓN DE VEREDAS DE CONCRETO F'C=175 kg/cm2	m2	177.97	49.75	8,854.01
08.05	ELIMIN. MATERIAL EXCEDENTE C/MAQ, Dmáx=5km	m3	859.87	20.09	17,274.87
	COSTO DIRECTO	CD		S/	3,213,556.19
	GASTOS GENERALES (15% CD)	GG.		S/	482,033.43
	UTILIDAD (10% CD)	UTI.		S/	321,355.62
	SUB TOTAL			S/	4,016,945.24
	IGV. (18%)			S/	723,050.14
	TOTAL PRESUPUESTO			S/	4,739,995.38

SON: CUATRO MILLONES SETECIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CINCO Y 38/100 SOLES

CONCLUSIONES

- Se planteó estudiar a las 6 quebradas para identificar las zonas de peligro y ubicar adecuadamente las zonas de vertido de las aguas pluviales del sistema de drenaje pluvial. Además se presenta una metodología para el estudio del flujo en todas las calles de la ciudad y diseño del sistema de drenaje pluvial, a través del programa SWMM 5.1 donde es posible una modelación dinámica en la cual se resuelven todas las ecuaciones de Saint-Venant teniendo en cuenta la variación temporal de las lluvias y la no uniformidad del flujo.
- Se determinó que las cuencas hidrográficas de las seis quebradas de estudio tienen un área de 43 km² aproximadamente, son pequeñas y muy pequeñas de forma oval alargada, de topografía accidentada con fuertes pendientes (de 0.24 m/m a 0.53 m/m), de angostos terraplenes adyacentes al cauce principal en las partes altas y laderas poco inclinadas en las partes bajas. Se puede diferenciar la quebrada Puente Grande que es la única originada en una laguna: Yahuarcocha ya que las demás solo tienen flujo por las precipitaciones estacionales. Los cauces principales de las seis quebradas de estudio son de gran pendiente en su recorrido que van desde moderadamente empinado a fuertemente empinado (de 0.13 m/m a 0.20 m/m), son encajonados con taludes casi verticales y transportan una gran cantidad de sedimentos y rocas de hasta 0.70 cm de diámetro.
- En la cuenca hidrográfica Crisnejas existen pocas estaciones meteorológicas disponibles (1 estación por cada 700 km²); por tanto, se han utilizado los datos de precipitaciones máximas en 24 horas de 15 estaciones meteorológicas disponibles por SENAMHI dentro de un radio de 80 km a la zona de estudio, de los cuales 7 pertenecen a la Vertiente del Atlántico y 8 a la Vertiente del Pacífico, en su mayoría con 43 años de información, presentando un mejor ajuste a la distribución LogNormal. Se demostró que solamente las estaciones de la Vertiente del Atlántico son representativas del área estudiada. A partir de un análisis regional se ha observado que en los valles de los ríos Condebamba y Cajamarca las características meteorológicas y el efecto del viento dan predominancia al mecanismo convectivo de precipitación en el que disminuyen del este al oeste; encontrándose una muy buena correlación entre la media de

los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 horas y la coordenada geográfica de Longitud.

- Se usó el modelo HEC-HMS para determinar los caudales máximos al ingreso a la ciudad en las seis quebradas de estudio, el cual se calibró usando las huellas hídricas medidas comparando con los caudales correspondientes con los simulados con un periodo de retorno de la lluvia de 10 años. Luego, se calcularon los hietrogramas de diseño mediante el método IILA-SENAMHI-UNI y se estimó los caudales punta para un periodo de retorno de 100 años de las quebradas de estudio, siendo la quebrada Puente Grande la de mayor caudal con 43.19 m³/s y la quebrada El Padre la de menor caudal con 1.14 m³/s.
- El modelo HEC-RAS ha permitido determinar adecuadamente los niveles de agua de las quebradas dentro de la zona urbana de ciudad de Cajabamba en tres tramos pertenecientes a las quebradas Ysmayacu y Alambrish, las cuales han sido invadidos por edificaciones encima de los cauces principales (convirtiéndolas en conductos cerrados) y tienen un ancho de sección promedio de 3 m. Con los criterios de borde libre recomendado por el Bureau of Reclamation se ha determinado que el Tramo 1 de la quebrada Ysmayacu (altura de sección de 1.53 m y longitud de 27 m) es la única que presenta un peligro de desborde ante una lluvia de periodo de retorno de 100 años.
- La zona urbana de estudio de la ciudad de Cajabamba cuenta con 162 ha y presenta una configuración de calles rectas de gran pendiente (8 % en promedio), de secciones angostas que van desde los 3 m, totalmente empistadas de concreto y con manzanas de lados iguales de 70 m en promedio (parecidos a un tablero de ajedrez). El estudio de drenaje pluvial urbano mediante el modelo hidrológico-hidráulico SWMM, ha permitido simular adecuadamente el comportamiento hidráulico de la escorrentía generada en las calles de la ciudad de Cajabamba, ante una lluvia de periodo de retorno de 25 años, considerando un flujo dinámico variable en el tiempo y no uniforme.
- Al calibrar el modelo SWMM se han logrado identificar 8 sectores críticos, tal como sucede en la realidad, presentando niveles de agua de hasta 15 cm sobre la calzada, inundaciones y daños en la parte baja de la ciudad, comprobándose que los canales de evacuación actualmente existentes en la ciudad son insuficientes para captar las aguas pluviales. La parte baja del sector 4 es el más crítico y corresponde a la vía de acceso de trocha carrozable hacia cuatro

comunidades, presentándose un caudal máximo de 4320 l/s aproximadamente, la cual en la realidad genera problemas de geodinámica externa y erosión constante de esa vía.

- Se ha propuesto un sistema de drenaje pluvial redistribuyendo el flujo del agua de lluvia usando estructuras de captación (canal cubierto de rejas en todo lo ancho de la calle, arqueta con arenero y albañal), conectados a pozos de visita distribuidos en 8 redes de drenaje pluvial (con escurrimiento por gravedad), las cuales mediante tuberías de diámetros internos de van desde los 500 mm hasta los 800 mm, descargan en las quebradas Alameda, Ysmayacu y Tacshana (en zonas que no presentan peligros de inundación) un caudal máximo total de 10.6 m³/s aproximadamente.
- En el modelo SWMM se ha comprobado que con la propuesta de drenaje pluvial para un periodo de retorno de lluvia de 25 años, las velocidades y calados en todas las calles de la ciudad de Cajabamba cumplen con los criterios de estabilidad al deslizamiento y vuelco de las personas y se obtienen niveles de bajo peligro de inundación en los 8 sectores críticos, reduciéndose el flujo hasta en un 50%, presentándose una mejora en la transitabilidad de las personas y una gran disminución de la destrucción del pavimento en las calles, situación similar sucede para un periodo de retorno de lluvia de 50 años.
- El presupuesto final del sistema de drenaje pluvial propuesto asciende a un monto aproximado de S/ 4.74 millones de soles.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar la variación temporal de la lluvia mediante un análisis de pluviogramas de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la cuenca hidrográfica Crisnejas, para poder lograr mejores resultados en los estudios hidrológicos.
- Se recomienda hacer una limpieza constante del cauce de la quebrada Ysmayacu antes de las temporadas de lluvias, de tal manera que la altura de las sección del cauce tenga una altura mínima de 1.70 m en los tramos que se encuentran como conductos cerrados por las edificaciones existentes.
- Se recomienda iniciar un proceso de concientización a la población por parte de las autoridades pertinentes para no invadir y construir edificaciones sobre los cauces naturales de las quebradas, ni arrojar desperdicios en las quebradas que atraviesan la ciudad de Cajabamba, y a no contaminar las estructuras de drenaje pluvial.
- Se recomienda realizar un estudio de mecánica de suelos en la ciudad de Cajabamba, para poder aplicar técnicas de drenaje sostenible como zanjas de infiltración, pavimentos permeables, cunetas verdes, estanques de retención, etc. en las zonas aún no urbanizadas de la ciudad de Cajabamba, las cuales son más económicas a las tradicionales estructuras de drenaje pluvial.
- Se recomienda utilizar el modelo SWMM para el estudio de drenaje pluvial urbano, ya que es muy utilizado en diversos países desarrollados de Europa, en la que incluso hay congresos y foros internacionales con ponencias sobre el uso de este programa, en la cual se obtiene una mejor interpretación de la realidad que el tradicional método racional.
- Se recomienda realizar estudios respecto a la eficiencia de las rejillas de captación para diversas pendientes, criterios de calados, velocidades y estimación del nivel de peligrosidad del flujo en las calles, criterios de diseño en los niveles de agua de los cauces a donde descargan las aguas provenientes de un sistema de drenaje pluvial, para una adecuada ubicación y diseño de las estructuras de vertido, y actualizar en esos aspectos la norma peruana OS. 060 de Drenaje Pluvial Urbano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bladé, E. Sánchez, M. Sánchez, J. H. P. Niñerola, D. y Gómez, M. *Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable: Una visión a partir del modelo HEC-RAS*. Edicions UPC. Barcelona. 2009.
2. Brunner, G. *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, HEC. California. 2010.
3. Chow, V. T. *Hidrología aplicada*. McGraw Hill Interamericana. Santafé de Bogotá. 1994.
4. CONAGUA. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Drenaje pluvial urbano*. Ciudad de México. 2016.
5. Gómez, V. M. *Hidrología urbana*. Grup de Recerca FLUMEN, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2007.
6. Gonzales, A. R. y Velazco, A. A. *Sistema de drenaje pluvial para el distrito de Mariano Melgar, Arequipa* (Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil). Universidad Católica de Santa María. Arequipa. 2014.
7. Granda, R. R. *Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos* (Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Piura. 2013.
8. Ibáñez, W. *Manual de costos y presupuestos de obras hidráulicas y de saneamiento*. Editorial MACRO. Lima. 2012.
9. Méndez, M. *Calibración y validación del modelo hidrológico SWMM en cuencas hidrográficas de alta pendiente en Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. 2013.
10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima. 2011.
11. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma OS.060 Drenaje pluvial urbano*. Diario El Peruano. Lima. 2006.
12. Municipalidad Provincial de Cajabamba. *Plan de acondicionamiento territorial de la provincia de Cajabamba 2016 – 2026*. Cajabamba. 2016.
13. Municipalidad Provincial de Cajabamba. *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Cajabamba 2016 – 2026*. Cajabamba. 2016.
14. Murcia, A. y Gómez, M. *Estudio de la cuenca de la Riereta en Sant Boi de Llobregat mediante un modelo de drenaje dual utilizando SWMM 5*. RIHA. La Habana. 2013.

15. Nanía, L. *Metodología numérico-experimental para el análisis del riesgo asociado a la escorrentía pluvial en una red de calles* (Tesis Doctoral en Ingeniería Civil). E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 1999.
16. Rincón, J. C. y Muñoz, M. F. *Diseño hidráulico de sistemas de drenaje dual a través del modelo SWMM*. RIHA. La Habana. 2013.
17. Rossman, L. *Storm Water Management Model User's manual versión 5.1*. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati. 2015.
18. Scharffenberg, W. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: User's Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, HEC. California. 2016.
19. Trapote, A. *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II: Saneamiento y drenaje urbano*. Universidad de Alicante. Alicante. 2011.
20. World Meteorological Organization. *Manual on estimation of probable maximum precipitation (PMP)*. WMO-No. 1045. Geneva. 2009.

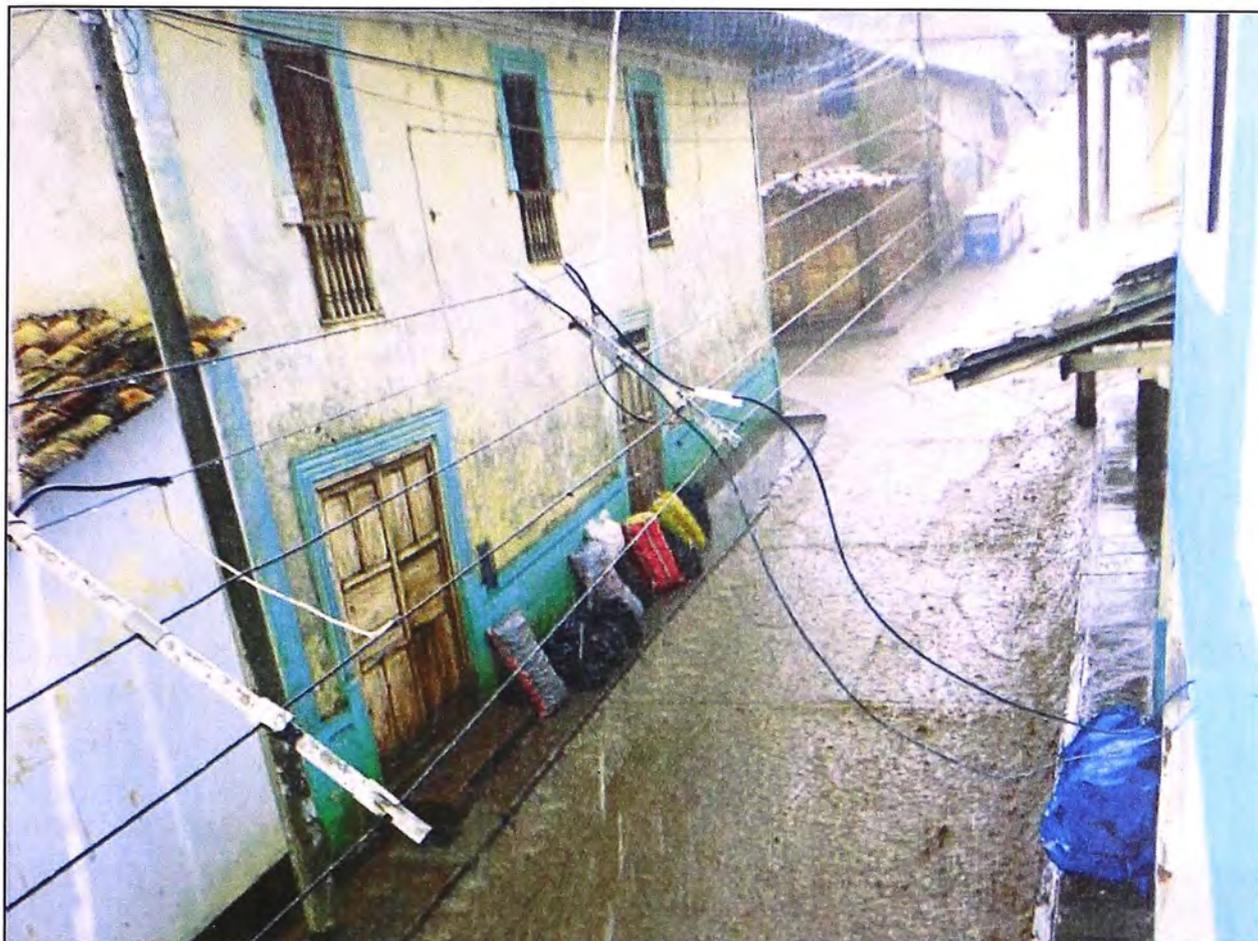
ANEXOS

- Anexo A** Panel Fotográfico de la Problemática
- Anexo B** Registro Histórico y Factores de Corrección de Hershfield en las Estaciones Meteorológicas
- Anexo C** Hietogramas de Diseño en las Cuencas Hidrográficas
- Anexo D** Cálculo del Número de Curva (CN) Ponderado
- Anexo E** Cálculo Hidráulico de las Huellas Hídricas
- Anexo F** Hidrogramas Generados en el Modelo HEC-HMS 4.2.1
- Anexo G** Gráficos Generados en el Modelo HEC-RAS 4.1.0
- Anexo H** Parámetros de Ingreso al Modelo SWMM 5.1
- Anexo I** Metrados
- Anexo J** Planos
- PL-01: Ubicación de Estaciones Meteorológicas
 - PL-02: Ubicación y Delimitación de Cuencas Hidrográficas
 - PL-03: Red de Drenaje Pluvial – Planta General
 - PL-04-01/02: Red de Drenaje Pluvial – Perfiles Longitudinales
 - PL-04-02/02: Red de Drenaje Pluvial – Perfiles Longitudinales
 - PL-05: Estructura de Captación – Detalles y Secciones
 - PL-06: Pozo de Visita Común Tipo I – Detalles y Secciones
 - PL-07: Pozo de Visita Común Tipo II – Detalles y Secciones
 - PL-08: Pozo con Caída con Plantilla Deflectora de 1,50 m

ANEXO A

Panel Fotográfico de la Problemática

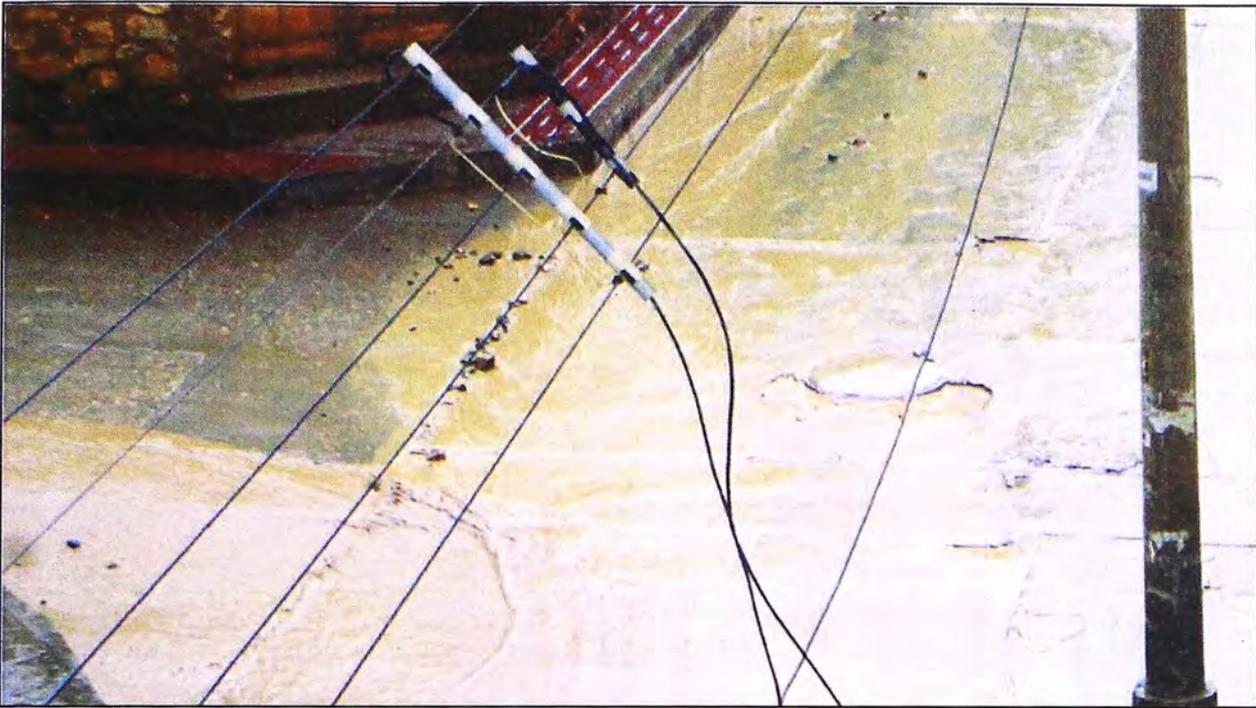
PROBLEMÁTICA EN LA ZONA SUPERIOR DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA



Fotografía A.1. Calzada intransitable en el Jr. Lara debido a una precipitación intensa.
Fuente: Fotografía propia. (2016, Octubre 15).



Fotografía A.2. Poste de alumbrado público, dentro de la calzada, genera un remanso en un extremo de la vía por encima del nivel de la vereda, ocasionando el ingreso de escorrentía hacia las viviendas.
Fuente: Fotografía propia. (2016, Octubre 15).



Fotografía A.3. Evidencia del arrastre de piedras en la pista, después de la precipitación intensa.
Fuente: Fotografía propia. (2016, Octubre 15).

PROBLEMÁTICA EN LA ZONA MEDIA DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA



Fotografía A.4. La escorrentía superficial afecta directamente a los transeúntes y al comercio en las calles aledañas al mercado central de la ciudad de Cajabamba.
Fuente: Fotografía propia. (2017, Marzo 29).



Fotografía A.5. Los altos niveles de escorrentía superficial en las calles del Jr. Miguel Grau afectan la transitabilidad de las personas durante el corzo de carnaval de la ciudad.

Fuente: HeyFer Vlogs. (2017, Marzo 10). ¡Corzo de Carnaval Termina en Tormenta! Aventuras en Cajabamba [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DOc9MlfWpnY>



Fotografía A.6. El nivel y la velocidad de la escorrentía superficial es tal que puede ocasionar el deslizamiento y vuelco de las personas.

Fuente: HeyFer Vlogs. (2017, Marzo 10). ¡Corzo de Carnaval Termina en Tormenta! Aventuras en Cajabamba [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DOc9MlfWpnY>

PROBLEMÁTICA EN LA ZONA INFERIOR DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA



Fotografía A.7. Destrucción constante de la principal vía de comunicación entre la ciudad de Cajabamba y cuatro comunidades (Churrucana, Higosbamba, Hichabamba y Colcas) a causa de la escorrentía superficial de origen pluvial.

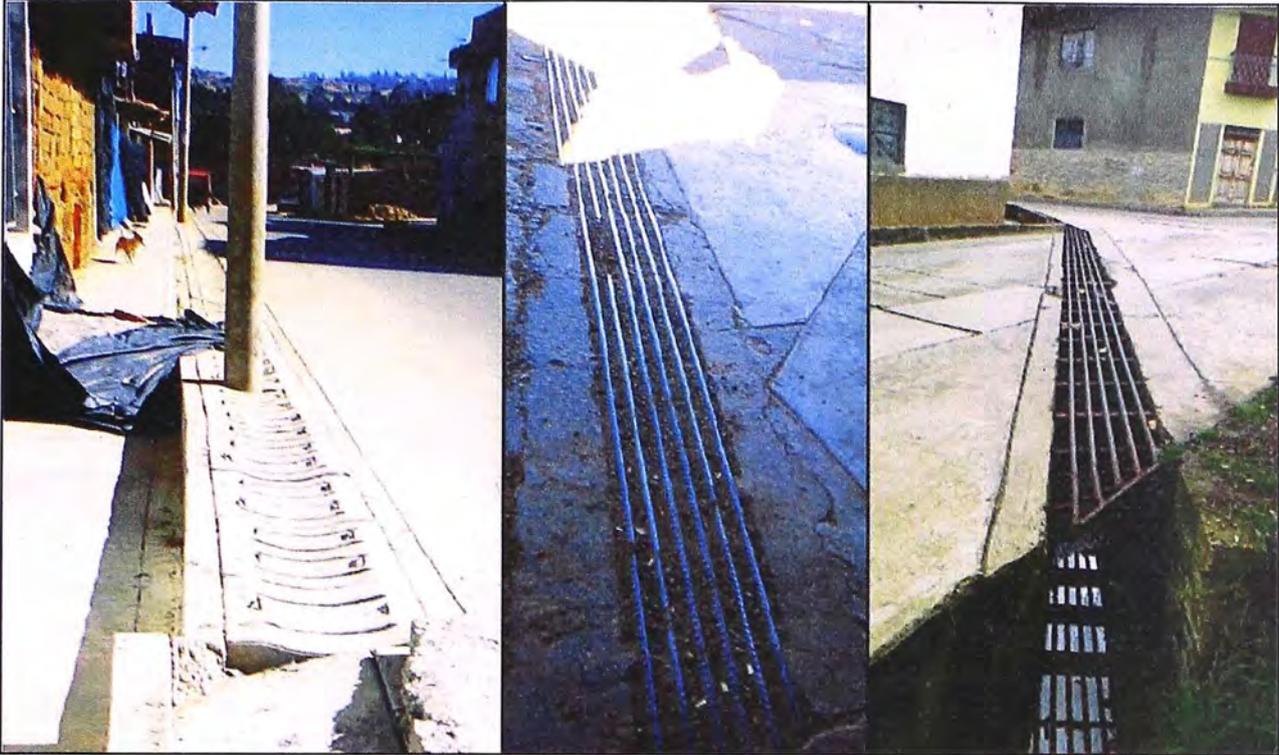
Fuente: Fotografías propias.



Fotografía A.8. Encharcamiento que ocasiona la proliferación de vectores (zancudos, mosquitos, etc.) de enfermedades metaxénicas.

Fuente: Fotografía propia. (2017, Marzo 30).

FALTA DE UN ADECUADO SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL



Fotografía A.9. Algunas calles transversales tienen canales de evacuación pluvial, las cuales son insuficientes, se encuentran obstruidas y se desconoce su comportamiento hidráulico ante un evento de máxima avenida.

Fuente: Fotografía propia. (2016, Agosto 13).

PROBLEMÁTICA EN LAS QUEBRADAS QUE ATRAVIESAN A LA CIUDAD DE CAJABAMBA



Fotografía A.10. Sobre el cauce de la quebrada Ysmayacu se han construido edificaciones, los cuales convierten al cauce en un tipo de conducto cerrado, presentando un peligro de obstrucción y desborde en diversos tramos importantes de la ciudad.

Fuente: Fotografía propia. (2017, Marzo 21).

ANEXO B

Registro Histórico y Factores de Corrección de Hershfield en las Estaciones Meteorológicas

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN SAN MARCOS

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°19'21" (S)

Altitud: 2190 m s. n. m.

Prov.: San Marcos

Longitud: 78°10'21" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dtto.: Pedro Gálvez

Año	P24 (mm)								
1965 - 1966	40.0	1975 - 1976	40.9	1985 - 1986	23.6	1995 - 1996	26.3	2005 - 2006	48.9
1966 - 1967	26.2	1976 - 1977	43.5	1986 - 1987	28.2	1996 - 1997	27.9	2006 - 2007	44.3
1967 - 1968	25.1	1977 - 1978	22.8	1987 - 1988	34.0	1997 - 1998	47.7	2007 - 2008	25.9
1968 - 1969	41.6	1978 - 1979	41.2	1988 - 1989	27.7	1998 - 1999	45.2	2008 - 2009	44.5
1969 - 1970	32.8	1979 - 1980	38.8	1989 - 1990	45.3	1999 - 2000	23.2	2009 - 2010	36.0
1970 - 1971	30.0	1980 - 1981	42.9	1990 - 1991	27.7	2000 - 2001	43.2	2010 - 2011	27.5
1971 - 1972	48.2	1981 - 1982	33.0	1991 - 1992	34.0	2001 - 2002	38.6	2011 - 2012	48.0
1972 - 1973	57.6	1982 - 1983	34.1	1992 - 1993	35.5	2002 - 2003	40.2	2012 - 2013	49.7
1973 - 1974	34.9	1983 - 1984	35.9	1993 - 1994	40.3	2003 - 2004	44.1	2013 - 2014	42.0
1974 - 1975	45.5	1984 - 1985	27.0	1994 - 1995	39.7	2004 - 2005	45.5		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN JESÚS

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°14'44" (S)

Altitud: 2495 m s. n. m.

Prov.: Cajamarca

Longitud: 78°23'18" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dtto.: Jesús

Año	P24 (mm)						
2000 - 2001	42.1	2004 - 2005	26.6	2008 - 2009	44.6	2013 - 2014	22.7
2001 - 2002	31.3	2005 - 2006	23.0	2010 - 2011	30.5	2014 - 2015	23.4
2002 - 2003	31.9	2006 - 2007	26.2	2011 - 2012	26.8	2015 - 2016	22.0
2003 - 2004	31.5	2007 - 2008	23.9	2012 - 2013	32.7	2016 - 2017	23.6

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN CAJABAMBA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°37'18" (S)

Altitud: 2612 m s. n. m.

Prov.: Cajabamba

Longitud: 78°03'04" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dtto.: Cajabamba

Año	P24 (mm)								
1963 - 1964	36.3	1977 - 1978	27.7	1990 - 1991	30.0	2000 - 2001	32.5	2010 - 2011	31.6
1968 - 1969	31.5	1978 - 1979	21.4	1991 - 1992	35.0	2001 - 2002	49.3	2011 - 2012	55.7
1969 - 1970	41.0	1979 - 1980	20.4	1992 - 1993	43.3	2002 - 2003	32.6	2012 - 2013	42.3
1970 - 1971	39.0	1980 - 1981	21.2	1993 - 1994	41.0	2003 - 2004	39.0		
1971 - 1972	29.4	1984 - 1985	38.0	1994 - 1995	25.3	2004 - 2005	37.1		
1972 - 1973	33.5	1985 - 1986	64.2	1995 - 1996	31.2	2005 - 2006	65.7		
1973 - 1974	39.4	1986 - 1987	42.0	1996 - 1997	48.8	2006 - 2007	50.0		
1974 - 1975	32.0	1987 - 1988	53.0	1997 - 1998	66.2	2007 - 2008	40.9		
1975 - 1976	41.0	1988 - 1989	29.0	1998 - 1999	43.3	2008 - 2009	56.5		
1976 - 1977	44.8	1989 - 1990	32.5	1999 - 2000	25.8	2009 - 2010	44.9		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN AUGUSTO WEBERBAUER

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°10'03" (S)

Altitud: 2660 m s. n. m.

Prov.: Cajamarca

Longitud: 78°29'35" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dtto.: Cajamarca

Año	P24 (mm)								
1936 - 1937	22.0	1951 - 1952	47.0	1970 - 1971	29.6	1985 - 1986	27.4	2000 - 2001	28.2
1937 - 1938	26.6	1952 - 1953	41.7	1971 - 1972	25.2	1986 - 1987	17.2	2001 - 2002	20.3
1938 - 1939	25.1	1953 - 1954	30.2	1972 - 1973	22.9	1987 - 1988	24.3	2002 - 2003	22.3
1939 - 1940	37.8	1954 - 1955	36.8	1973 - 1974	20.0	1988 - 1989	30.0	2003 - 2004	21.5
1940 - 1941	27.2	1955 - 1956	58.1	1974 - 1975	37.7	1989 - 1990	24.7	2004 - 2005	28.1
1941 - 1942	47.7	1956 - 1957	21.3	1975 - 1976	36.5	1990 - 1991	29.7	2005 - 2006	18.8
1942 - 1943	26.8	1957 - 1958	39.6	1976 - 1977	40.5	1991 - 1992	18.7	2006 - 2007	25.4
1943 - 1944	38.1	1958 - 1959	30.5	1977 - 1978	18.1	1992 - 1993	20.6	2007 - 2008	27.0
1944 - 1945	31.2	1959 - 1960	27.9	1978 - 1979	28.0	1993 - 1994	24.5	2008 - 2009	21.9
1945 - 1946	27.8	1960 - 1961	26.7	1979 - 1980	17.2	1994 - 1995	28.5	2009 - 2010	36.4

1946 - 1947	38.1	1965 - 1966	38.8	1980 - 1981	39.3	1995 - 1996	25.6	2010 - 2011	25.5
1947 - 1948	40.0	1966 - 1967	23.4	1981 - 1982	29.9	1996 - 1997	35.1	2011 - 2012	27.9
1948 - 1949	37.3	1967 - 1968	26.9	1982 - 1983	30.5	1997 - 1998	31.7	2012 - 2013	35.3
1949 - 1950	38.1	1968 - 1969	29.5	1983 - 1984	29.8	1998 - 1999	38.8	2013 - 2014	24.4
1950 - 1951	45.0	1969 - 1970	42.4	1984 - 1985	27.6	1999 - 2000	36.1	2014 - 2015	25.4

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN LA ENCAÑADA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°07'23" (S)

Altitud: 2980 m s. n. m.

Prov.: Cajamarca

Longitud: 78°19'58" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dto.: Encañada

Año	P24 (mm)								
2000 - 2001	43.8	2004 - 2005	42.6	2008 - 2009	42.3	2012 - 2013	37.2	2016 - 2017	31.8
2001 - 2002	36.0	2005 - 2006	47.5	2009 - 2010	42.3	2013 - 2014	41.1		
2002 - 2003	29.7	2006 - 2007	44.6	2010 - 2011	32.8	2014 - 2015	37.7		
2003 - 2004	30.5	2007 - 2008	32.5	2011 - 2012	28.4	2015 - 2016	32.8		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN CACHACHI

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°27'03" (S)

Altitud: 3200 m s. n. m.

Prov.: Cajabamba

Longitud: 78°16'07" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dto.: Cachachi

Año	P24 (mm)								
1965 - 1966	35.6	1977 - 1978	20.8	1987 - 1988	30.5	1998 - 1999	42.5	2008 - 2009	45.1
1967 - 1968	37.5	1978 - 1979	20.8	1988 - 1989	31.9	1999 - 2000	34.9	2009 - 2010	63.9
1969 - 1970	45.2	1979 - 1980	27.2	1989 - 1990	18.0	2000 - 2001	43.9	2010 - 2011	28.4
1970 - 1971	51.7	1980 - 1981	33.3	1990 - 1991	22.0	2001 - 2002	40.1	2011 - 2012	35.7
1971 - 1972	46.3	1981 - 1982	28.8	1992 - 1993	26.5	2002 - 2003	25.6	2012 - 2013	27.1
1972 - 1973	50.4	1982 - 1983	35.3	1993 - 1994	26.7	2003 - 2004	40.0	2013 - 2014	45.0
1973 - 1974	46.3	1983 - 1984	31.8	1994 - 1995	30.2	2004 - 2005	27.7		
1974 - 1975	49.7	1984 - 1985	20.9	1995 - 1996	28.5	2005 - 2006	38.1		
1975 - 1976	33.2	1985 - 1986	20.0	1996 - 1997	30.0	2006 - 2007	50.1		
1976 - 1977	38.0	1986 - 1987	22.5	1997 - 1998	43.9	2007 - 2008	58.6		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN HUAMACHUCO

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°49'09" (S)

Altitud: 3290 m s. n. m.

Prov.: Sánchez Carrión

Longitud: 78°02'24" (W)

Dpto.: La Libertad

Dto.: Huamachuco

Año	P24 (mm)								
1964 - 1965	42.9	1974 - 1975	39.5	1984 - 1985	36.5	1997 - 1998	35.7	2007 - 2008	38.9
1965 - 1966	25.2	1975 - 1976	25.3	1986 - 1987	35.2	1998 - 1999	49.4	2008 - 2009	31.5
1966 - 1967	28.5	1976 - 1977	40.0	1987 - 1988	37.5	1999 - 2000	34.1	2009 - 2010	47.3
1967 - 1968	40.0	1977 - 1978	30.0	1988 - 1989	36.2	2000 - 2001	29.6	2010 - 2011	32.5
1968 - 1969	33.5	1978 - 1979	39.9	1989 - 1990	35.8	2001 - 2002	34.0	2011 - 2012	40.6
1969 - 1970	49.3	1979 - 1980	46.0	1992 - 1993	26.3	2002 - 2003	31.2	2012 - 2013	51.3
1970 - 1971	30.2	1980 - 1981	31.8	1993 - 1994	52.2	2003 - 2004	24.8	2013 - 2014	53.8
1971 - 1972	36.0	1981 - 1982	41.4	1994 - 1995	39.2	2004 - 2005	43.3		
1972 - 1973	27.4	1982 - 1983	49.1	1995 - 1996	34.7	2005 - 2006	51.1		
1973 - 1974	48.0	1983 - 1984	35.2	1996 - 1997	30.8	2006 - 2007	25.2		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN MOLLEPATA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°11'30" (S)

Altitud: 2580 m s. n. m.

Prov.: Santiago de Chuco

Longitud: 77°57'15" (W)

Dpto.: La Libertad

Dto.: Mollepata

Año	P24 (mm)								
1963 - 1964	14.5	1974 - 1975	36.9	1985 - 1986	19.1	1996 - 1997	51.2	2007 - 2008	26.5
1964 - 1965	31.5	1975 - 1976	19.7	1986 - 1987	14.0	1997 - 1998	34.1	2008 - 2009	27.1
1965 - 1966	22.4	1976 - 1977	23.5	1987 - 1988	26.0	1998 - 1999	47.1	2009 - 2010	35.2

1966 - 1967	21.5	1977 - 1978	27.1	1988 - 1989	20.0	1999 - 2000	24.0	2010 - 2011	21.2
1967 - 1968	15.5	1978 - 1979	18.9	1989 - 1990	14.7	2000 - 2001	41.3	2011 - 2012	20.8
1968 - 1969	25.8	1979 - 1980	24.9	1990 - 1991	21.3	2001 - 2002	24.0	2012 - 2013	37.7
1969 - 1970	27.5	1980 - 1981	23.2	1991 - 1992	34.7	2002 - 2003	28.6	2013 - 2014	32.5
1970 - 1971	20.0	1981 - 1982	22.0	1992 - 1993	40.3	2003 - 2004	29.6		
1971 - 1972	30.0	1982 - 1983	32.5	1993 - 1994	19.2	2004 - 2005	26.7		
1972 - 1973	21.2	1983 - 1984	35.2	1994 - 1995	17.4	2005 - 2006	24.0		
1973 - 1974	37.7	1984 - 1985	17.3	1995 - 1996	26.0	2006 - 2007	19.5		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN CACHICADAN

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°05'30" (S)

Altitud: 2890 m s. n. m.

Prov.: Santiago de Chuco

Longitud: 78°08'58" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Cachicadan

Año	P24 (mm)								
1963 - 1964	36.0	1973 - 1974	36.2	1985 - 1986	47.0	1997 - 1998	33.5	2007 - 2008	38.1
1964 - 1965	24.0	1974 - 1975	31.1	1986 - 1987	21.7	1998 - 1999	48.5	2008 - 2009	28.0
1965 - 1966	35.0	1975 - 1976	38.0	1987 - 1988	20.4	1999 - 2000	27.9	2009 - 2010	37.6
1966 - 1967	27.4	1976 - 1977	29.0	1990 - 1991	15.0	2000 - 2001	30.0	2010 - 2011	37.8
1967 - 1968	26.2	1977 - 1978	23.0	1991 - 1992	15.0	2001 - 2002	30.9	2011 - 2012	42.8
1968 - 1969	27.0	1978 - 1979	25.7	1992 - 1993	30.5	2002 - 2003	35.5	2012 - 2013	34.2
1969 - 1970	27.5	1979 - 1980	48.1	1993 - 1994	29.0	2003 - 2004	18.7		
1970 - 1971	29.8	1980 - 1981	50.1	1994 - 1995	19.0	2004 - 2005	25.9		
1971 - 1972	50.2	1981 - 1982	24.7	1995 - 1996	46.0	2005 - 2006	36.4		
1972 - 1973	28.5	1984 - 1985	24.0	1996 - 1997	28.0	2006 - 2007	40.8		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN JULCAN

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°02'33" (S)

Altitud: 3170 m s. n. m.

Prov.: Julcan

Longitud: 78°29'09" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Julcan

Año	P24 (mm)								
1963 - 1964	34.5	1973 - 1974	24.7	1983 - 1984	31.7	1994 - 1995	21.1	2004 - 2005	40.7
1964 - 1965	29.5	1974 - 1975	27.8	1984 - 1985	21.2	1995 - 1996	54.2	2005 - 2006	34.1
1965 - 1966	22.7	1975 - 1976	33.0	1985 - 1986	30.5	1996 - 1997	26.9	2006 - 2007	41.0
1966 - 1967	23.3	1976 - 1977	26.6	1986 - 1987	32.3	1997 - 1998	50.8	2007 - 2008	45.9
1967 - 1968	16.7	1977 - 1978	36.8	1987 - 1988	30.6	1998 - 1999	51.2	2008 - 2009	40.8
1968 - 1969	18.4	1978 - 1979	53.6	1988 - 1989	25.9	1999 - 2000	38.9	2009 - 2010	35.0
1969 - 1970	26.0	1979 - 1980	35.8	1989 - 1990	16.5	2000 - 2001	56.5	2010 - 2011	54.5
1970 - 1971	32.1	1980 - 1981	39.9	1990 - 1991	25.5	2001 - 2002	37.6	2011 - 2012	40.3
1971 - 1972	19.2	1981 - 1982	22.0	1991 - 1992	15.6	2002 - 2003	26.9	2012 - 2013	36.7
1972 - 1973	38.3	1982 - 1983	30.2	1993 - 1994	22.1	2003 - 2004	47.7	2013 - 2014	29.8

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN SALPO

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°00'01" (S)

Altitud: 3250 m s. n. m.

Prov.: Otuzco

Longitud: 78°37'01" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Salpo

Año	P24 (mm)								
2000 - 2001	29.0	2004 - 2005	20.8	2008 - 2009	43.0	2012 - 2013	28.5	2016 - 2017	30.7
2001 - 2002	29.0	2005 - 2006	33.0	2009 - 2010	24.9	2013 - 2014	18.2		
2002 - 2003	29.0	2006 - 2007	20.4	2010 - 2011	18.2	2014 - 2015	30.4		
2003 - 2004	16.9	2007 - 2008	20.3	2011 - 2012	32.8	2015 - 2016	22.4		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN GRANJA PORCON

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°02'15" (S)

Altitud: 3261 m s. n. m.

Prov.: Cajamarca

Longitud: 78°37'45" (W)

Dpto.: Cajamarca

Dtto.: Cajamarca

Año	P24 (mm)								
1967 - 1968	41.5	1977 - 1978	34.0	1992 - 1993	36.4	2002 - 2003	45.1	2012 - 2013	53.7
1968 - 1969	48.0	1978 - 1979	41.0	1993 - 1994	40.2	2003 - 2004	46.7	2013 - 2014	55.6
1969 - 1970	37.0	1979 - 1980	52.2	1994 - 1995	37.8	2004 - 2005	55.8	2014 - 2015	58.7
1970 - 1971	77.0	1980 - 1981	50.5	1995 - 1996	72.0	2005 - 2006	47.3	2015 - 2016	34.5
1971 - 1972	35.0	1986 - 1987	53.5	1996 - 1997	47.1	2006 - 2007	51.9	2016 - 2017	46.2
1972 - 1973	59.0	1987 - 1988	30.0	1997 - 1998	38.3	2007 - 2008	43.9		
1973 - 1974	59.0	1988 - 1989	30.6	1998 - 1999	47.3	2008 - 2009	47.1		
1974 - 1975	23.9	1989 - 1990	26.2	1999 - 2000	59.1	2009 - 2010	54.0		
1975 - 1976	41.0	1990 - 1991	50.5	2000 - 2001	53.3	2010 - 2011	88.2		
1976 - 1977	43.0	1991 - 1992	41.4	2001 - 2002	51.1	2011 - 2012	58.8		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN HUANGACOCHA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 7°56'14" (S)

Altitud: 3595 m s. n. m.

Prov.: Santiago de Chuco

Longitud: 78°40'06" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Cachicadan

Año	P24 (mm)								
2000 - 2001	28.2	2004 - 2005	27.7	2008 - 2009	27.6	2012 - 2013	45.3	2016 - 2017	30.2
2001 - 2002	34.8	2005 - 2006	26.6	2009 - 2010	37.6	2013 - 2014	49.3		
2002 - 2003	39.6	2006 - 2007	29.8	2010 - 2011	34.8	2014 - 2015	37.3		
2003 - 2004	32.3	2007 - 2008	30.9	2011 - 2012	39.5	2015 - 2016	38.1		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN QUIRUVILCA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°00'15" (S)

Altitud: 3980 m s. n. m.

Prov.: Santiago de Chuco

Longitud: 78°18'28" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Quiruvilca

Año	P24 (mm)								
1965 - 1966	18.0	1975 - 1976	9.8	1985 - 1986	34.3	1995 - 1996	32.9	2005 - 2006	27.5
1966 - 1967	13.0	1976 - 1977	17.5	1986 - 1987	29.6	1996 - 1997	29.3	2006 - 2007	35.3
1967 - 1968	13.0	1977 - 1978	10.5	1987 - 1988	25.4	1997 - 1998	42.6	2007 - 2008	40.4
1968 - 1969	8.0	1978 - 1979	36.3	1988 - 1989	29.5	1998 - 1999	37.2	2008 - 2009	25.2
1969 - 1970	7.0	1979 - 1980	24.4	1989 - 1990	25.5	1999 - 2000	30.3	2009 - 2010	35.3
1970 - 1971	6.0	1980 - 1981	23.9	1990 - 1991	25.8	2000 - 2001	36.3	2010 - 2011	26.1
1971 - 1972	6.5	1981 - 1982	19.8	1991 - 1992	29.5	2001 - 2002	44.7	2011 - 2012	39.2
1972 - 1973	6.5	1982 - 1983	42.0	1992 - 1993	35.1	2002 - 2003	34.6	2012 - 2013	31.7
1973 - 1974	6.0	1983 - 1984	47.5	1993 - 1994	38.6	2003 - 2004	37.0	2013 - 2014	31.8
1974 - 1975	17.0	1984 - 1985	27.3	1994 - 1995	34.2	2004 - 2005	38.5		

Fuente: SENAMHI

REGISTRO HISTÓRICO: ESTACIÓN HUACAMARCANGA

Parámetro: Precipitación Máxima en 24 horas (mm)

Latitud: 8°07'17" (S)

Altitud: 4000 m s. n. m.

Prov.: Santiago de Chuco

Longitud: 78°17'35" (W)

Dpto.: La Libertad

Dtto.: Quiruvilca

Año	P24 (mm)								
1971 - 1972	41.0	1981 - 1982	15.9	1991 - 1992	11.4	2001 - 2002	26.7	2011 - 2012	89.8
1972 - 1973	40.0	1982 - 1983	20.4	1992 - 1993	21.9	2002 - 2003	24.9	2012 - 2013	61.3
1973 - 1974	47.0	1983 - 1984	28.1	1993 - 1994	10.5	2003 - 2004	23.3	2013 - 2014	50.8
1974 - 1975	40.0	1984 - 1985	18.7	1994 - 1995	14.8	2004 - 2005	26.7		
1975 - 1976	35.0	1985 - 1986	22.8	1995 - 1996	11.2	2005 - 2006	40.8		
1976 - 1977	44.0	1986 - 1987	14.9	1996 - 1997	24.6	2006 - 2007	41.0		
1977 - 1978	19.0	1987 - 1988	16.6	1997 - 1998	23.1	2007 - 2008	37.7		
1978 - 1979	17.1	1988 - 1989	18.2	1998 - 1999	24.5	2008 - 2009	34.5		
1979 - 1980	10.7	1989 - 1990	12.6	1999 - 2000	40.3	2009 - 2010	80.5		
1980 - 1981	60.1	1990 - 1991	9.7	2000 - 2001	32.4	2010 - 2011	33.8		

Fuente: SENAMHI

FACTORES DE CORRECCIÓN POR EL MÉTODO DE HERSHFIELD

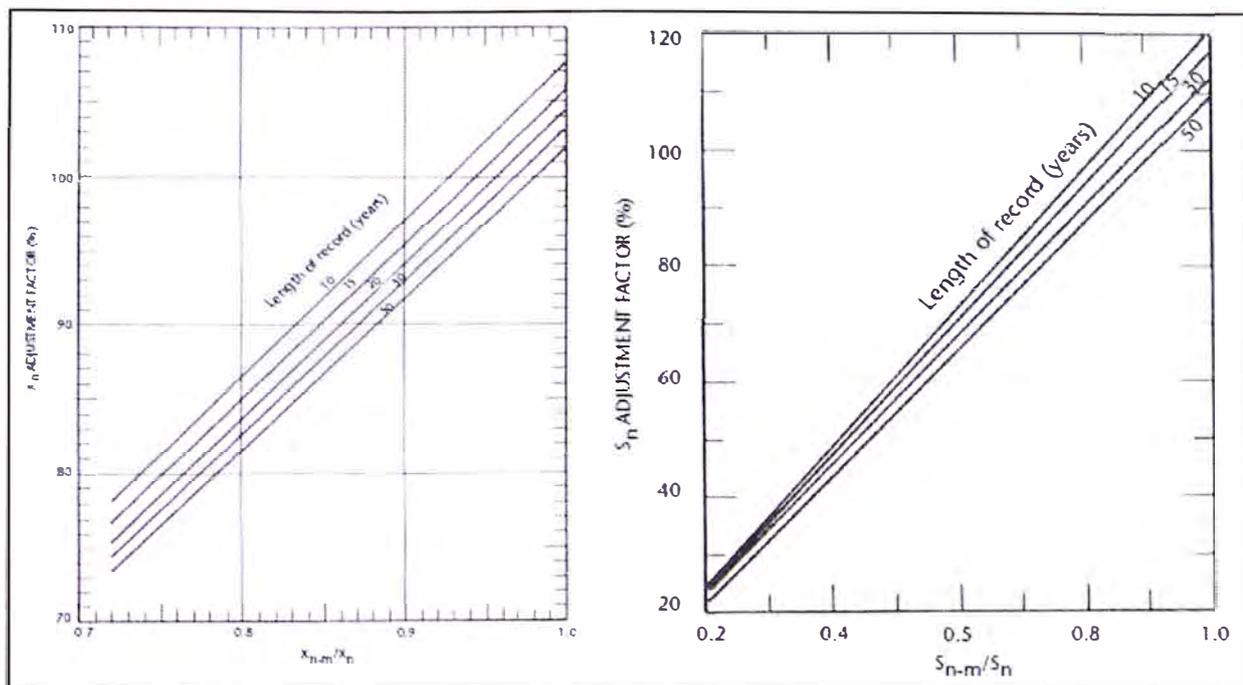


Figura B.1. Ajuste de la media y desviación estándar de series anuales por el evento máximo observado
 Fuente: WMO-No. 1045. 2009.

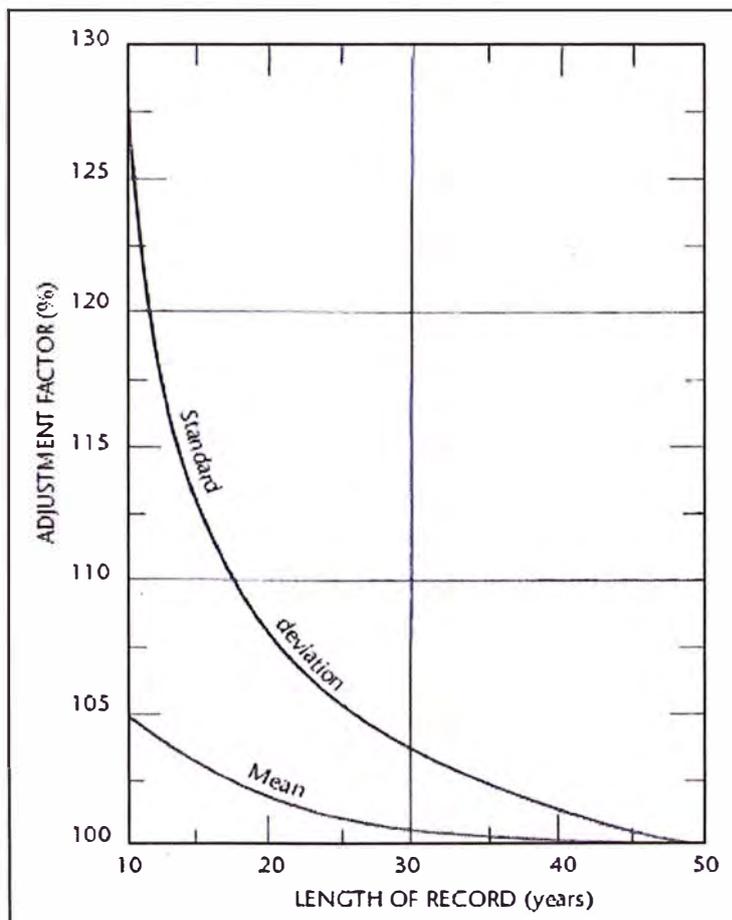


Figura B.2. Ajuste de la media y desviación estándar de series anuales por tamaño de la muestra
 Fuente: WMO-No. 1045. 2009.

Cuadro B.1. Corrección de la media y desviación estándar para las estaciones de la vertiente del Atlántico

Parámetro	Estaciones Meteorológicas de la Vertiente del Atlántico						
	San Marcos	Jesús	Cajabamba	Augusto Weberbauer	La Encañada	Cachachi	Huamachuco
Nº de años	49	16	43	75	17	46	47
Xn	37.3	28.9	39.2	30.2	37.3	35.4	37.4
Sn	8.5	6.7	11.4	8.1	6.0	10.8	8.1
Xn (LogP24)	1.560	1.451	1.575	1.465	1.566	1.530	1.563
Sn (LogP24)	0.104	0.093	0.126	0.113	0.070	0.134	0.094
Xn-m/Xn	0.989	0.964	0.984	0.988	0.983	0.982	0.990
Sn-m/Sn	0.947	0.812	0.941	0.921	0.927	0.928	0.964
FCM-1	1.006	1.010	1.000	0.980	1.030	1.000	1.010
FCS-1	1.050	0.960	1.055	0.970	1.100	1.040	1.070
FCM-2	1.000	1.029	1.000	1.000	1.025	1.000	1.000
FCS-2	1.000	1.118	1.007	1.000	1.106	1.004	1.002
Kmáx	1.757	1.407	1.832	2.983	0.273	1.974	1.510
MC	1.569	1.508	1.575	1.436	1.653	1.530	1.579
SC	0.109	0.100	0.134	0.110	0.085	0.140	0.101

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro B.2. Corrección de la media y desviación estándar para las estaciones de la vertiente del Pacífico

Parámetro	Estaciones Meteorológicas de la Vertiente del Pacífico							
	Mollepata	Cachicadan	Julcan	Salpo	Granja Porcon	Huangacocha	Quiruvilca	Huacamarcanga
Nº de años	51	46	50	17	45	17	49	43
Xn	26.5	31.7	33.1	26.3	47.7	34.7	27.0	30.7
Sn	8.4	9.1	10.8	6.9	12.5	6.5	11.6	18.0
Xn (LogP24)	1.404	1.483	1.496	1.406	1.664	1.533	1.372	1.420
Sn (LogP24)	0.132	0.129	0.145	0.113	0.114	0.078	0.259	0.243
Xn-m/Xn	0.981	0.987	0.986	0.960	0.981	0.974	0.984	0.954
Sn-m/Sn	0.916	0.963	0.960	0.810	0.880	0.840	0.976	0.870
FCM-1	0.996	1.010	1.005	1.010	1.000	1.020	0.995	0.970
FCS-1	1.015	1.070	1.060	0.965	0.990	1.000	1.080	0.975
FCM-2	1.000	1.000	1.000	1.025	1.000	1.025	1.000	1.000
FCS-2	1.000	1.004	1.000	1.106	1.005	1.106	1.000	1.007
Kmáx	2.317	1.464	1.620	1.468	2.490	1.034	1.114	2.414
MC	1.398	1.498	1.504	1.456	1.664	1.603	1.365	1.377
SC	0.134	0.138	0.153	0.121	0.113	0.087	0.280	0.239

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

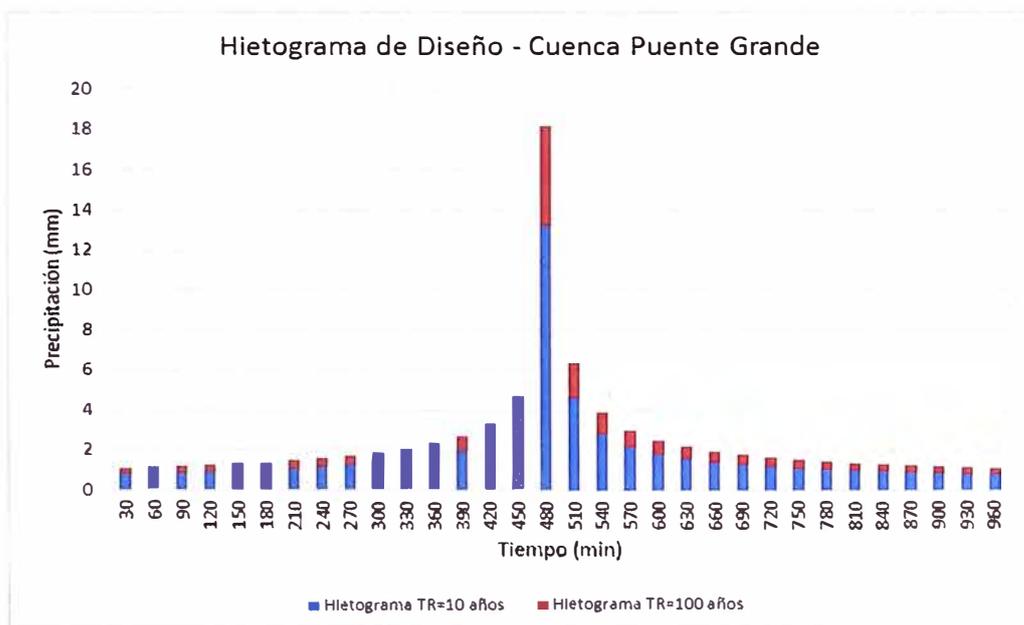
- Xn : Media de las precipitaciones máximas en 24 horas
- Sn : Desviación estándar de las precipitaciones máximas en 24 horas
- Xn-m : Media de las precipitaciones máximas en 24 horas sin el valor máximo
- Sn-m : Desviación estándar de las precipitaciones máximas en 24 horas sin el valor máximo
- Xn Log : Media de los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 horas
- Sn Log : Desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas en 24 horas
- FCM-1 : Factor de corrección de la media por el evento máximo observado
- FCS-1 : Factor de corrección de la desviación estándar por el evento máximo observado
- FCM-2 : Factor de corrección de la media por el tamaño de la muestra
- FCS-3 : Factor de corrección de la desviación estándar por el tamaño de la muestra
- Kmáx : Factor de frecuencia máximo histórico
- MC : Media corregida de las precipitaciones máximas en 24 horas
- SC : Desviación estándar corregido de las precipitaciones máximas en 24 horas

ANEXO C

Hietogramas de Diseño en las Cuencas Hidrográficas

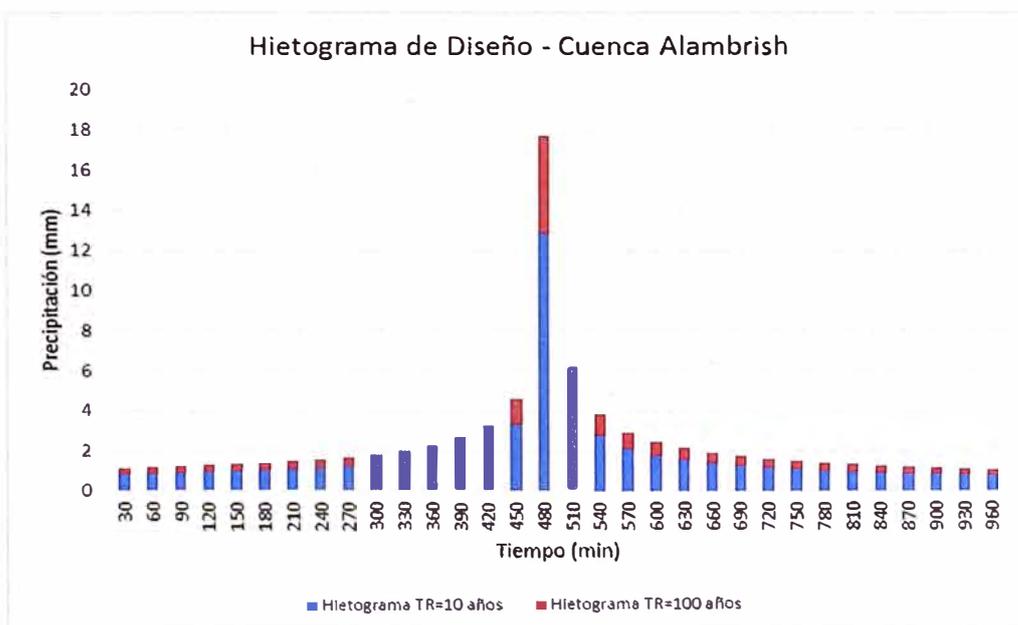
**CUENCA PUENTE GRANDE – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS**

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación (mm)
0.5	0-30	13.2	13.2	0.8	18.2	18.2	1.1
1.0	30-60	17.8	4.6	0.9	24.6	6.4	1.2
1.5	60-90	21.2	3.4	0.9	29.3	4.7	1.2
2.0	90-120	24.1	2.8	0.9	33.2	3.9	1.3
2.5	120-150	26.5	2.4	1.0	36.6	3.4	1.4
3.0	150-180	28.7	2.2	1.0	39.6	3.0	1.4
3.5	180-210	30.7	2.0	1.1	42.3	2.7	1.5
4.0	210-240	32.5	1.8	1.2	44.9	2.5	1.6
4.5	240-270	34.2	1.7	1.3	47.2	2.4	1.7
5.0	270-300	35.8	1.6	1.4	49.4	2.2	1.9
5.5	300-330	37.3	1.5	1.5	51.5	2.1	2.1
6.0	330-360	38.8	1.4	1.7	53.5	2.0	2.4
6.5	360-390	40.1	1.4	2.0	55.4	1.9	2.7
7.0	390-420	41.5	1.3	2.4	57.2	1.8	3.4
7.5	420-450	42.7	1.3	3.4	58.9	1.7	4.7
8.0	450-480	43.9	1.2	13.2	60.6	1.7	18.2
8.5	480-510	45.1	1.2	4.6	62.2	1.6	6.4
9.0	510-540	46.2	1.1	2.8	63.8	1.6	3.9
9.5	540-570	47.3	1.1	2.2	65.3	1.5	3.0
10.0	570-600	48.4	1.1	1.8	66.8	1.5	2.5
10.5	600-630	49.4	1.0	1.6	68.2	1.4	2.2
11.0	630-660	50.4	1.0	1.4	69.6	1.4	2.0
11.5	660-690	51.4	1.0	1.3	70.9	1.4	1.8
12.0	690-720	52.4	1.0	1.2	72.3	1.3	1.7
12.5	720-750	53.3	0.9	1.1	73.6	1.3	1.6
13.0	750-780	54.2	0.9	1.1	74.8	1.3	1.5
13.5	780-810	55.1	0.9	1.0	76.1	1.2	1.4
14.0	810-840	56.0	0.9	1.0	77.3	1.2	1.3
14.5	840-870	56.9	0.9	0.9	78.5	1.2	1.3
15.0	870-900	57.7	0.8	0.9	79.6	1.2	1.2
15.5	900-930	58.5	0.8	0.8	80.8	1.1	1.2
16.0	930-960	59.3	0.8	0.8	81.9	1.1	1.1



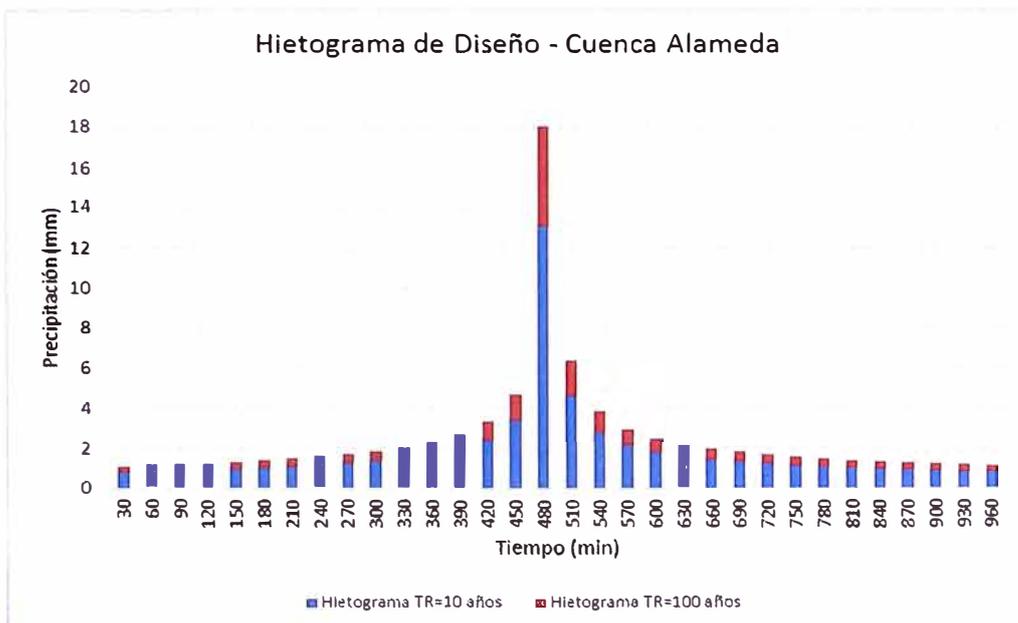
**CUENCA ALAMBRISH – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS**

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)
0.5	0-30	12.9	12.9	0.8	17.8	17.8	1.1
1.0	30-60	17.4	4.5	0.8	24.0	6.2	1.2
1.5	60-90	20.7	3.3	0.9	28.6	4.6	1.2
2.0	90-120	23.5	2.8	0.9	32.4	3.8	1.3
2.5	120-150	25.9	2.4	1.0	35.7	3.3	1.3
3.0	150-180	28.0	2.1	1.0	38.6	2.9	1.4
3.5	180-210	29.9	1.9	1.1	41.3	2.7	1.5
4.0	210-240	31.7	1.8	1.1	43.8	2.5	1.6
4.5	240-270	33.4	1.7	1.2	46.1	2.3	1.7
5.0	270-300	35.0	1.6	1.3	48.2	2.2	1.8
5.5	300-330	36.4	1.5	1.5	50.3	2.0	2.0
6.0	330-360	37.8	1.4	1.7	52.2	1.9	2.3
6.5	360-390	39.2	1.3	1.9	54.0	1.8	2.7
7.0	390-420	40.5	1.3	2.4	55.8	1.8	3.3
7.5	420-450	41.7	1.2	3.3	57.5	1.7	4.6
8.0	450-480	42.9	1.2	12.9	59.1	1.6	17.8
8.5	480-510	44.0	1.1	4.5	60.7	1.6	6.2
9.0	510-540	45.1	1.1	2.8	62.2	1.5	3.8
9.5	540-570	46.2	1.1	2.1	63.7	1.5	2.9
10.0	570-600	47.2	1.0	1.8	65.2	1.4	2.5
10.5	600-630	48.2	1.0	1.6	66.5	1.4	2.2
11.0	630-660	49.2	1.0	1.4	67.9	1.4	1.9
11.5	660-690	50.2	1.0	1.3	69.2	1.3	1.8
12.0	690-720	51.1	0.9	1.2	70.5	1.3	1.6
12.5	720-750	52.0	0.9	1.1	71.8	1.3	1.5
13.0	750-780	52.9	0.9	1.0	73.0	1.2	1.4
13.5	780-810	53.8	0.9	1.0	74.2	1.2	1.4
14.0	810-840	54.6	0.9	0.9	75.4	1.2	1.3
14.5	840-870	55.5	0.8	0.9	76.6	1.2	1.2
15.0	870-900	56.3	0.8	0.9	77.7	1.1	1.2
15.5	900-930	57.1	0.8	0.8	78.8	1.1	1.1
16.0	930-960	57.9	0.8	0.8	79.9	1.1	1.1



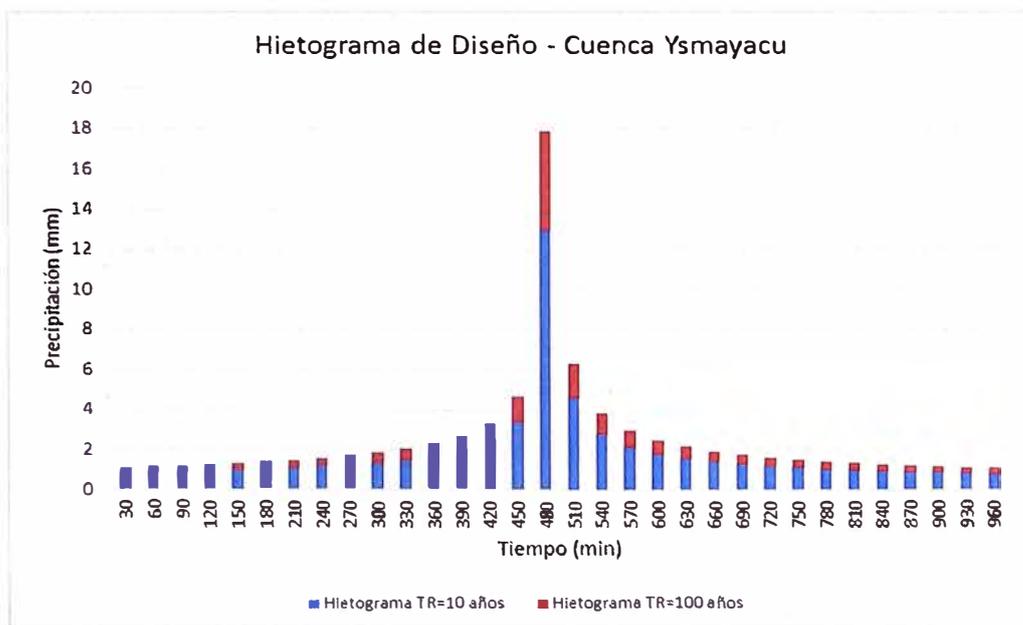
**CUENCA ALAMEDA – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS**

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)
0.5	0-30	13.1	13.1	0.8	18.1	18.1	1.1
1.0	30-60	17.7	4.6	0.9	24.4	6.4	1.2
1.5	60-90	21.1	3.4	0.9	29.2	4.7	1.2
2.0	90-120	23.9	2.8	0.9	33.0	3.9	1.3
2.5	120-150	26.4	2.4	1.0	36.4	3.4	1.3
3.0	150-180	28.5	2.2	1.0	39.4	3.0	1.4
3.5	180-210	30.5	2.0	1.1	42.1	2.7	1.5
4.0	210-240	32.3	1.8	1.2	44.6	2.5	1.6
4.5	240-270	34.0	1.7	1.3	47.0	2.3	1.7
5.0	270-300	35.6	1.6	1.4	49.2	2.2	1.9
5.5	300-330	37.1	1.5	1.5	51.2	2.1	2.1
6.0	330-360	38.6	1.4	1.7	53.2	2.0	2.3
6.5	360-390	39.9	1.4	2.0	55.1	1.9	2.7
7.0	390-420	41.2	1.3	2.4	56.9	1.8	3.4
7.5	420-450	42.5	1.3	3.4	58.6	1.7	4.7
8.0	450-480	43.7	1.2	13.1	60.3	1.7	18.1
8.5	480-510	44.9	1.2	4.6	61.9	1.6	6.4
9.0	510-540	46.0	1.1	2.8	63.4	1.6	3.9
9.5	540-570	47.1	1.1	2.2	65.0	1.5	3.0
10.0	570-600	48.1	1.1	1.8	66.4	1.5	2.5
10.5	600-630	49.2	1.0	1.6	67.8	1.4	2.2
11.0	630-660	50.2	1.0	1.4	69.2	1.4	2.0
11.5	660-690	51.1	1.0	1.3	70.6	1.3	1.8
12.0	690-720	52.1	1.0	1.2	71.9	1.3	1.7
12.5	720-750	53.0	0.9	1.1	73.2	1.3	1.6
13.0	750-780	53.9	0.9	1.1	74.4	1.3	1.5
13.5	780-810	54.8	0.9	1.0	75.7	1.2	1.4
14.0	810-840	55.7	0.9	1.0	76.9	1.2	1.3
14.5	840-870	56.6	0.9	0.9	78.0	1.2	1.3
15.0	870-900	57.4	0.8	0.9	79.2	1.2	1.2
15.5	900-930	58.2	0.8	0.8	80.3	1.1	1.2
16.0	930-960	59.0	0.8	0.8	81.4	1.1	1.1



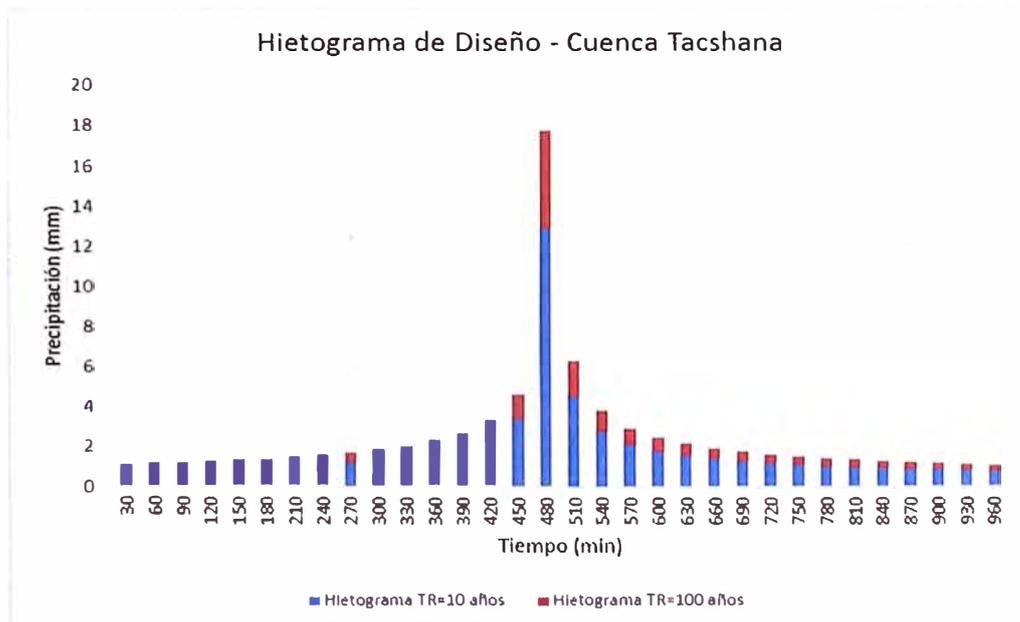
**CUENCA YSMAYACU – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS**

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)
0.5	0-30	13.0	13.0	0.8	17.9	17.9	1.1
1.0	30-60	17.5	4.5	0.8	24.2	6.3	1.2
1.5	60-90	20.9	3.4	0.9	28.8	4.6	1.2
2.0	90-120	23.6	2.8	0.9	32.6	3.8	1.3
2.5	120-150	26.1	2.4	1.0	35.9	3.3	1.3
3.0	150-180	28.2	2.1	1.0	38.9	3.0	1.4
3.5	180-210	30.1	2.0	1.1	41.6	2.7	1.5
4.0	210-240	31.9	1.8	1.2	44.1	2.5	1.6
4.5	240-270	33.6	1.7	1.2	46.4	2.3	1.7
5.0	270-300	35.2	1.6	1.3	48.6	2.2	1.9
5.5	300-330	36.7	1.5	1.5	50.6	2.1	2.1
6.0	330-360	38.1	1.4	1.7	52.6	1.9	2.3
6.5	360-390	39.4	1.3	2.0	54.4	1.9	2.7
7.0	390-420	40.7	1.3	2.4	56.2	1.8	3.3
7.5	420-450	42.0	1.2	3.4	57.9	1.7	4.6
8.0	450-480	43.2	1.2	13.0	59.5	1.6	17.9
8.5	480-510	44.3	1.2	4.5	61.1	1.6	6.3
9.0	510-540	45.4	1.1	2.8	62.7	1.5	3.8
9.5	540-570	46.5	1.1	2.1	64.2	1.5	3.0
10.0	570-600	47.5	1.0	1.8	65.6	1.4	2.5
10.5	600-630	48.6	1.0	1.6	67.0	1.4	2.2
11.0	630-660	49.6	1.0	1.4	68.4	1.4	1.9
11.5	660-690	50.5	1.0	1.3	69.7	1.3	1.8
12.0	690-720	51.5	0.9	1.2	71.0	1.3	1.6
12.5	720-750	52.4	0.9	1.1	72.3	1.3	1.5
13.0	750-780	53.3	0.9	1.0	73.5	1.2	1.4
13.5	780-810	54.2	0.9	1.0	74.7	1.2	1.4
14.0	810-840	55.0	0.9	0.9	75.9	1.2	1.3
14.5	840-870	55.9	0.8	0.9	77.1	1.2	1.2
15.0	870-900	56.7	0.8	0.9	78.2	1.1	1.2
15.5	900-930	57.5	0.8	0.8	79.3	1.1	1.1
16.0	930-960	58.3	0.8	0.8	80.4	1.1	1.1



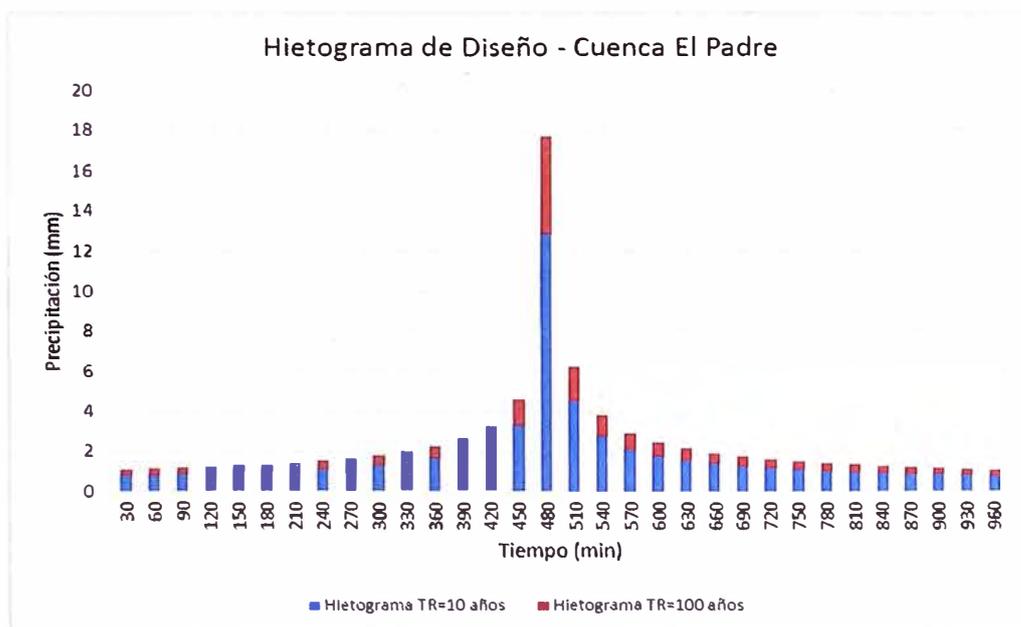
CUENCA TACSHANA – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)
0.5	0-30	12.9	12.9	0.8	17.8	17.8	1.1
1.0	30-60	17.4	4.5	0.8	24.0	6.2	1.2
1.5	60-90	20.8	3.4	0.9	28.7	4.6	1.2
2.0	90-120	23.5	2.8	0.9	32.5	3.8	1.3
2.5	120-150	25.9	2.4	1.0	35.8	3.3	1.3
3.0	150-180	28.1	2.1	1.0	38.7	2.9	1.4
3.5	180-210	30.0	1.9	1.1	41.4	2.7	1.5
4.0	210-240	31.8	1.8	1.1	43.9	2.5	1.6
4.5	240-270	33.5	1.7	1.2	46.2	2.3	1.7
5.0	270-300	35.0	1.6	1.3	48.3	2.2	1.8
5.5	300-330	36.5	1.5	1.5	50.4	2.0	2.0
6.0	330-360	37.9	1.4	1.7	52.3	1.9	2.3
6.5	360-390	39.3	1.3	1.9	54.2	1.8	2.7
7.0	390-420	40.5	1.3	2.4	55.9	1.8	3.3
7.5	420-450	41.8	1.2	3.4	57.6	1.7	4.6
8.0	450-480	43.0	1.2	12.9	59.3	1.6	17.8
8.5	480-510	44.1	1.1	4.5	60.9	1.6	6.2
9.0	510-540	45.2	1.1	2.8	62.4	1.5	3.8
9.5	540-570	46.3	1.1	2.1	63.9	1.5	2.9
10.0	570-600	47.3	1.0	1.8	65.3	1.4	2.5
10.5	600-630	48.4	1.0	1.6	66.7	1.4	2.2
11.0	630-660	49.3	1.0	1.4	68.1	1.4	1.9
11.5	660-690	50.3	1.0	1.3	69.4	1.3	1.8
12.0	690-720	51.2	0.9	1.2	70.7	1.3	1.6
12.5	720-750	52.2	0.9	1.1	72.0	1.3	1.5
13.0	750-780	53.0	0.9	1.0	73.2	1.2	1.4
13.5	780-810	53.9	0.9	1.0	74.4	1.2	1.4
14.0	810-840	54.8	0.9	0.9	75.6	1.2	1.3
14.5	840-870	55.6	0.8	0.9	76.7	1.2	1.2
15.0	870-900	56.4	0.8	0.9	77.9	1.1	1.2
15.5	900-930	57.3	0.8	0.8	79.0	1.1	1.1
16.0	930-960	58.0	0.8	0.8	80.1	1.1	1.1



**CUENCA EL PADRE – MÉTODO DEL BLOQUE ALTERNO
HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA TR=10 AÑOS Y TR=100 AÑOS**

Duración (h)	Tiempo (min)	TR = 10 años			TR = 100 años		
		Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad Incremental (mm)	Precipitación de Diseño (mm)
0.5	0-30	12.9	12.9	0.8	17.7	17.7	1.1
1.0	30-60	17.4	4.5	0.8	24.0	6.2	1.2
1.5	60-90	20.7	3.3	0.9	28.6	4.6	1.2
2.0	90-120	23.5	2.8	0.9	32.4	3.8	1.3
2.5	120-150	25.9	2.4	1.0	35.7	3.3	1.3
3.0	150-180	28.0	2.1	1.0	38.6	2.9	1.4
3.5	180-210	29.9	1.9	1.1	41.3	2.7	1.5
4.0	210-240	31.7	1.8	1.1	43.7	2.5	1.6
4.5	240-270	33.4	1.7	1.2	46.0	2.3	1.7
5.0	270-300	34.9	1.6	1.3	48.2	2.2	1.8
5.5	300-330	36.4	1.5	1.5	50.2	2.0	2.0
6.0	330-360	37.8	1.4	1.7	52.2	1.9	2.3
6.5	360-390	39.1	1.3	1.9	54.0	1.8	2.7
7.0	390-420	40.4	1.3	2.4	55.8	1.8	3.3
7.5	420-450	41.6	1.2	3.3	57.5	1.7	4.6
8.0	450-480	42.8	1.2	12.9	59.1	1.6	17.7
8.5	480-510	44.0	1.1	4.5	60.7	1.6	6.2
9.0	510-540	45.1	1.1	2.8	62.2	1.5	3.8
9.5	540-570	46.1	1.1	2.1	63.7	1.5	2.9
10.0	570-600	47.2	1.0	1.8	65.1	1.4	2.5
10.5	600-630	48.2	1.0	1.6	66.5	1.4	2.2
11.0	630-660	49.2	1.0	1.4	67.9	1.4	1.9
11.5	660-690	50.1	1.0	1.3	69.2	1.3	1.8
12.0	690-720	51.1	0.9	1.2	70.5	1.3	1.6
12.5	720-750	52.0	0.9	1.1	71.7	1.3	1.5
13.0	750-780	52.9	0.9	1.0	73.0	1.2	1.4
13.5	780-810	53.8	0.9	1.0	74.2	1.2	1.4
14.0	810-840	54.6	0.9	0.9	75.3	1.2	1.3
14.5	840-870	55.4	0.8	0.9	76.5	1.2	1.2
15.0	870-900	56.3	0.8	0.9	77.6	1.1	1.2
15.5	900-930	57.1	0.8	0.8	78.7	1.1	1.1
16.0	930-960	57.9	0.8	0.8	79.8	1.1	1.1



ANEXO D

CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA (CN) PONDERADO EN QUEBRADAS

CN PONDERADO DE LA CUENCA PUENTE GRANDE						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Cuerpos de Agua	Ca	D	0.12	0.48	100	48.2
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	5.07	19.72	61	1203.2
Tierras con Plantaciones Forestales y Vegetación Arbustiva	F-Va	C	2.88	11.22	70	785.2
Tierras con Vegetación Arbustiva, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Va-Ve	C	3.33	12.94	71	919.0
Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	14.30	55.63	79	4395.1
			Área Total =	25.71	CN Ponderado =	73.5

CN PONDERADO DE LA CUENCA ALAMBRISH						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	0.96	100.00	61	6100.0
					CN Ponderado =	61.0

CN PONDERADO DE LA CUENCA ALAMEDA						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	9.48	77.73	61	4741.8
Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	2.71	22.27	79	1759.0
			Área Total =	12.19	CN Ponderado =	65.0

CN PONDERADO DE LA CUENCA YSMAYACU						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Áreas Urbanas: Calles y carreteras	Au	B	0.00	0.29	86	25.1
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	1.15	69.42	61	4234.5
Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	0.50	30.29	79	2393.0
			Área Total =	1.66	CN Ponderado =	66.5

CN PONDERADO DE LA CUENCA TACSHANA						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	1.13	76.54	61	4668.8
Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	0.35	23.46	79	1853.5
			Área Total =	1.47	CN Ponderado =	65.2

CN PONDERADO DE LA CUENCA EL PADRE						
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo	Código	Grupo Hidrológico de Suelo	Área (Km ²)	% de Área (1)	CN (2)	Producto (1)x(2)
Áreas Urbanas: Calles y carreteras	Au	B	0.02	3.27	86	281.3
Tierras con Mosaico de cultivos, pastos y vegetación arbustiva	M	B	0.68	91.56	61	5585.1
Tierras con Pastos Naturales, Vegetación Escasa y Afloramientos Rocosos	Pn-Ve	B	0.04	5.17	79	408.5
			Área Total =	0.74	CN Ponderado =	62.7

ANEXO E

Cálculo Hidráulico de las Huellas Hídricas

HUELLA HÍDRICA: PUENTE GRANDE

1. Descripción:

En la visita a campo de octubre de 2016, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en los estribos de un puente que cruza al cauce principal de la quebrada Puente Grande.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9167613 m

E: 826264 m

Elevación: 2715 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 5.50 m

Tirante: 0.75 m

Área Hidráulica (A): 4.13 m²

Radio Hidráulico (R): 0.59 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.080 m/m

Coefficiente de Manning
Compuesto (n): 0.035

Ecuación de Manning:

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

5. Resultados:

Caudal (Q): 23.43 m³/s

Número de Froude: 2.09 (Flujo Supercrítico)

HUELLA HÍDRICA: ALAMBRISH

1. Descripción:

En la visita a campo de octubre de 2016, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en una alcantarilla de acero corrugado de 1.80 m de diámetro, por donde transita el cauce principal de la quebrada Alambrish.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9157400 m

E: 826292 m

Elevación: 2711 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 1.11 m

Tirante: 0.17 m

Área Hidráulica (A): 0.12 m²

Radio Hidráulico (R): 0.11 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.103 m/m

Coefficiente de Manning
Compuesto (n): 0.024

Ecuación de Manning:

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

5. Resultados:

Caudal (Q): 0.38 m³/s

Número de Froude: 2.86 (Flujo Supercrítico)

HUELLA HÍDRICA: ALAMEDA

1. Descripción:

En la visita a campo de octubre de 2016, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en los estribos de un puente que cruza al cauce principal de la quebrada Alameda.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9156748 m

E: 826378 m

Elevación: 2710 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 5.65 m

Tirante: 0.35 m

Área Hidráulica (A): 1.98 m²

Radio Hidráulico (R): 0.31 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.105 m/m

Coefficiente de Manning
Compuesto (n): 0.038

Ecuación de Manning:

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

5. Resultados:

Caudal (Q): 7.75 m³/s

Número de Froude: 2.11 (Flujo Supercrítico)

HUELLA HÍDRICA: YSMAYACU

1. Descripción:

En la visita a campo de octubre de 2016, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en los estribos de un puente que cruza al cauce principal de la quebrada Ysmayacu.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9156352 m

E: 826399 m

Elevación: 2704 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 3.00 m

Tirante: 0.35 m

Área Hidráulica (A): 1.05 m²

Radio Hidráulico (R): 0.28 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.095 m/m

Coeficiente de Manning
Compuesto (n): 0.036

Ecuación de Manning:

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

5. Resultados:

Caudal (Q): 3.88 m³/s

Número de Froude: 2.00 (Flujo Supercrítico)

HUELLA HÍDRICA: TACSHANA

1. Descripción:

En la visita a campo de octubre de 2016, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en los estribos de un puente que cruza al cauce principal de la quebrada Tacshana.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9155791 m

E: 826569 m

Elevación: 2681 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 3.00 m

Tirante: 0.35 m

Área Hidráulica (A): 1.05 m²

Radio Hidráulico (R): 0.28 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.080 m/m

Coeficiente de Manning
Compuesto (n): 0.037

Ecuación de Manning:

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

5. Resultados:

Caudal (Q): 3.47 m³/s

Número de Froude: 1.78 (Flujo Supercrítico)

HUELLA HÍDRICA: EL PADRE

1. Descripción:

En la visita a campo de marzo de 2017, se realizaron las mediciones de la huella hídrica ubicada en una alcantarilla de acero corrugado de 1.20 m de diámetro, por donde transita el cauce principal de la quebrada El Padre.

2. Coordenadas de Ubicación:

Sistema: UTM WGS84, Zona 17S

N: 9155330 m

E: 826248 m

Elevación: 2658 m.s.n.m.

3. Fotografías:



4. Cálculo:

Huella Hídrica:

Espejo de Agua: 0.86 m

Tirante: 0.17 m

Área Hidráulica (A): 0.09 m²

Radio Hidráulico (R): 0.11 m

Cauce Principal:

Pendiente (S): 0.118 m/m

Coefficiente de Manning
Compuesto (n): 0.024

Ecuación de Manning:

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

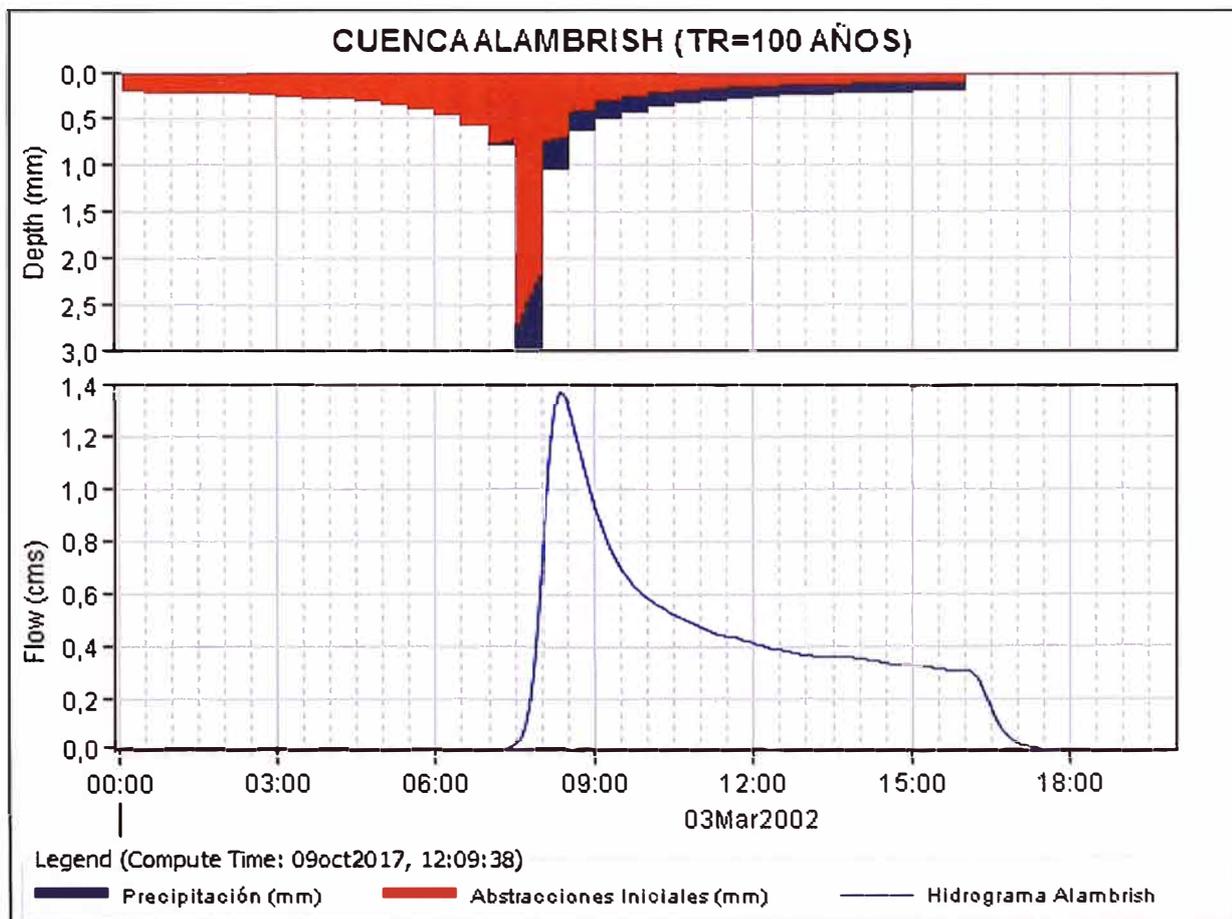
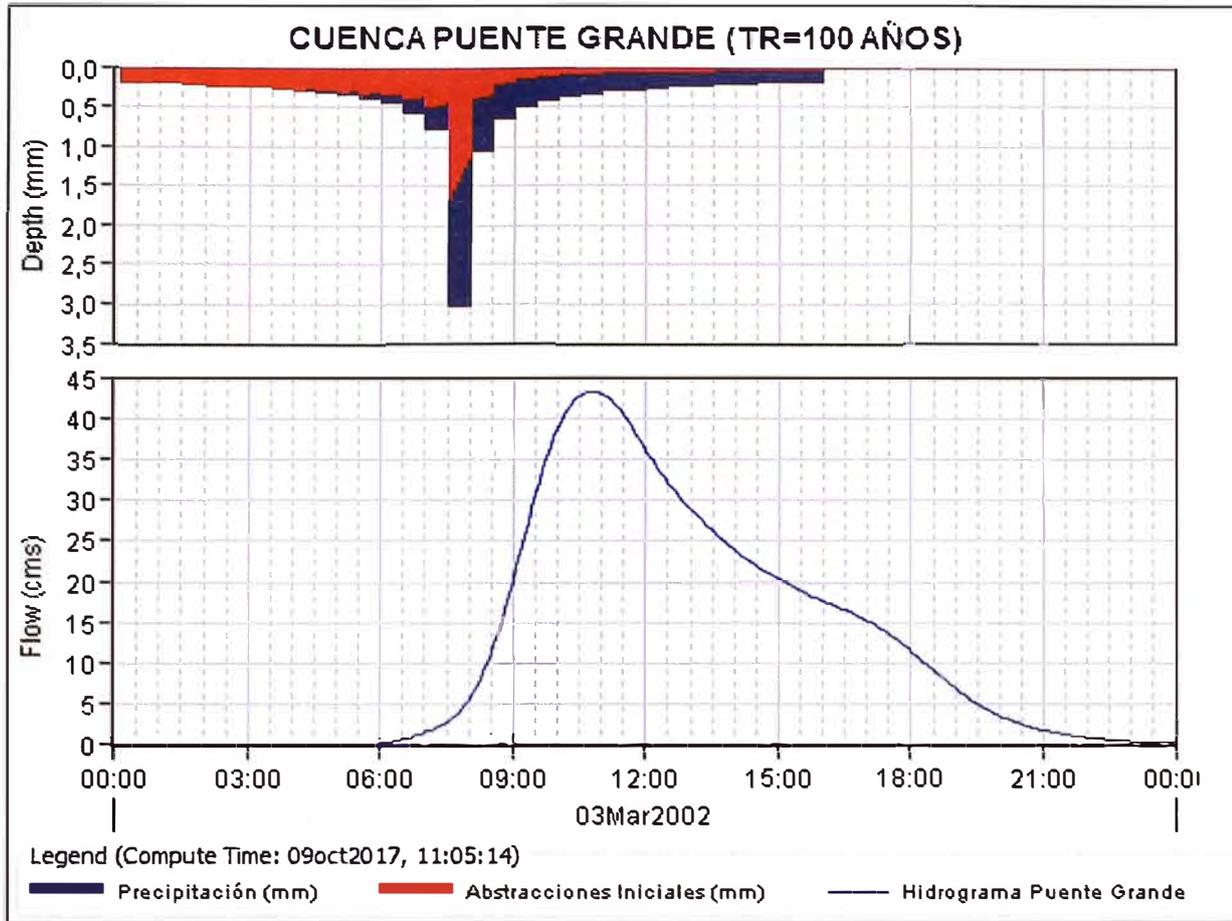
5. Resultados:

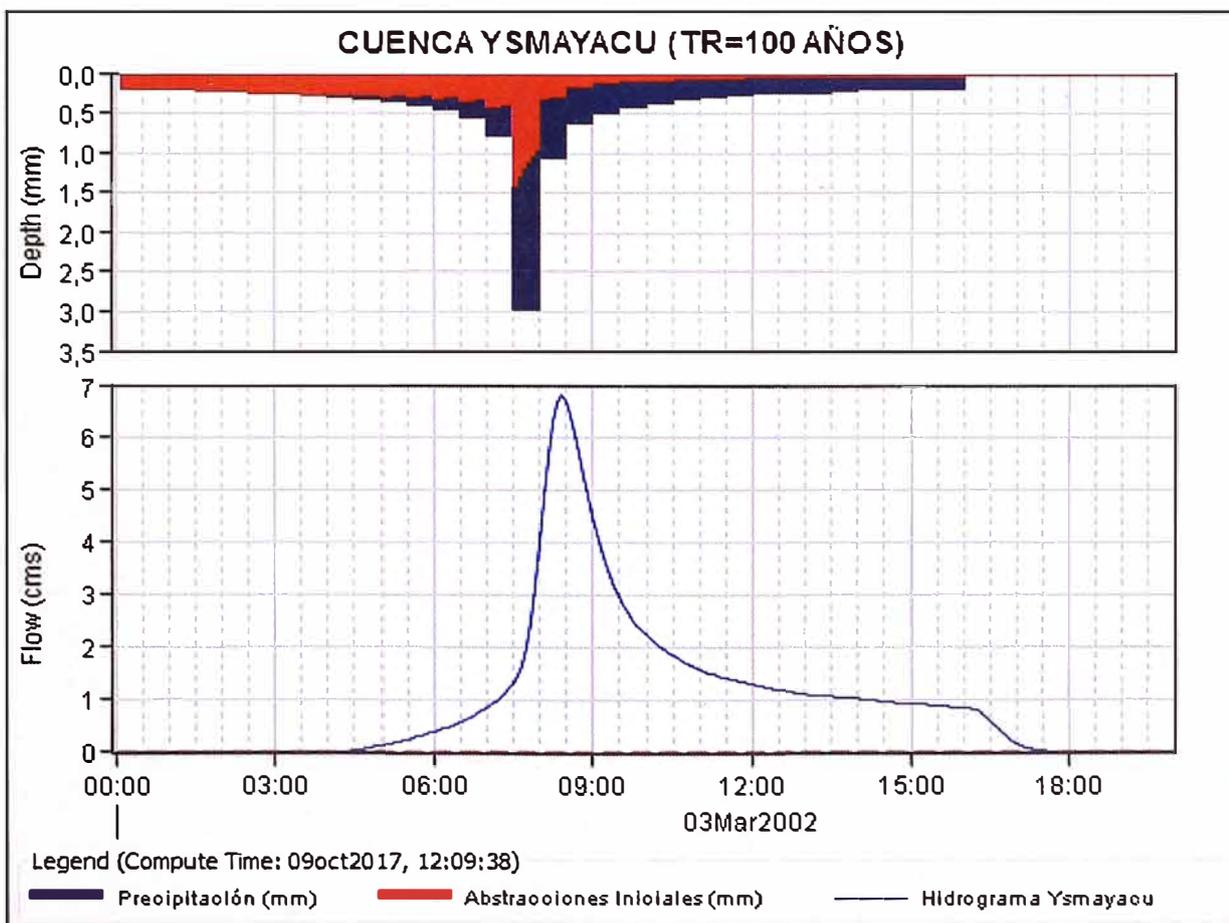
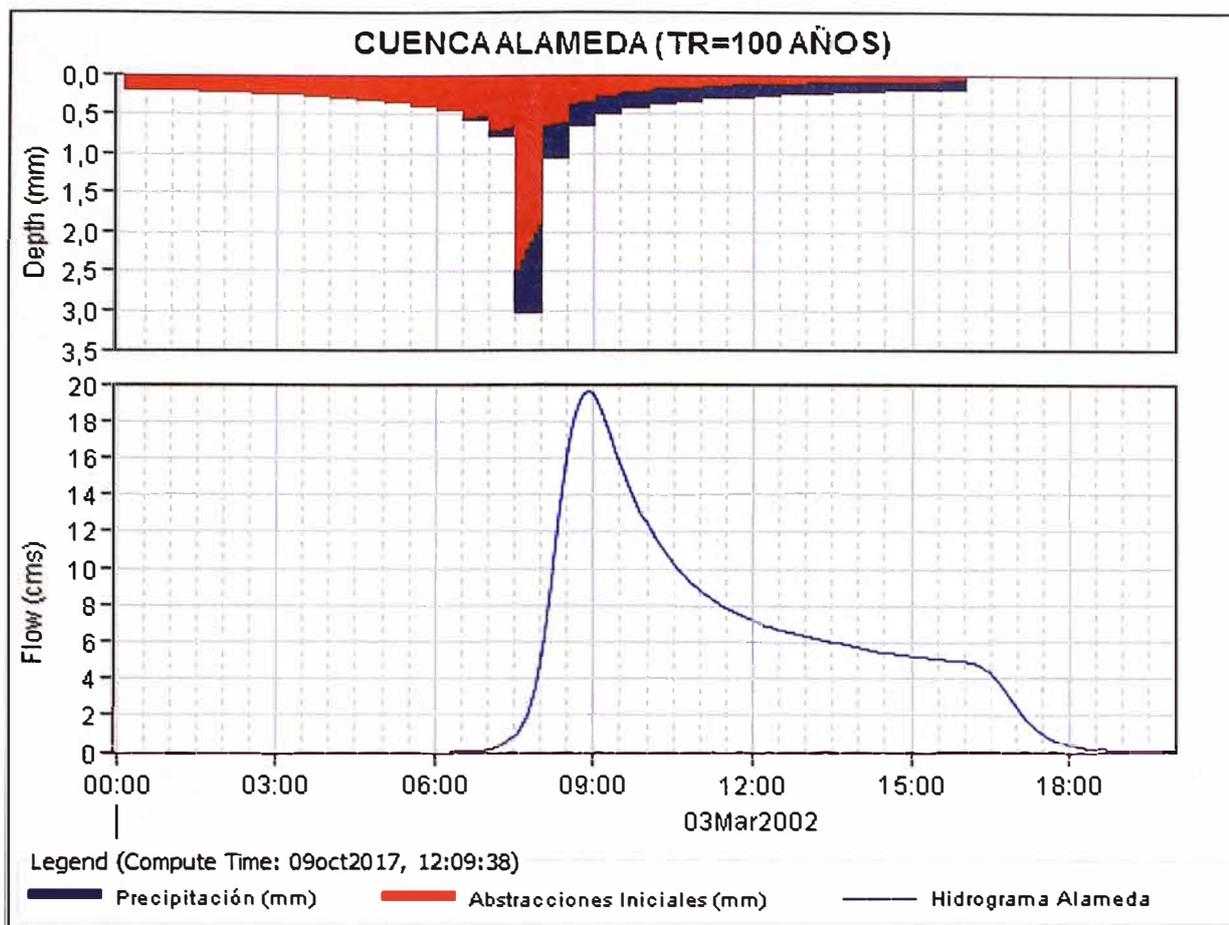
Caudal (Q): 0.29 m³/s

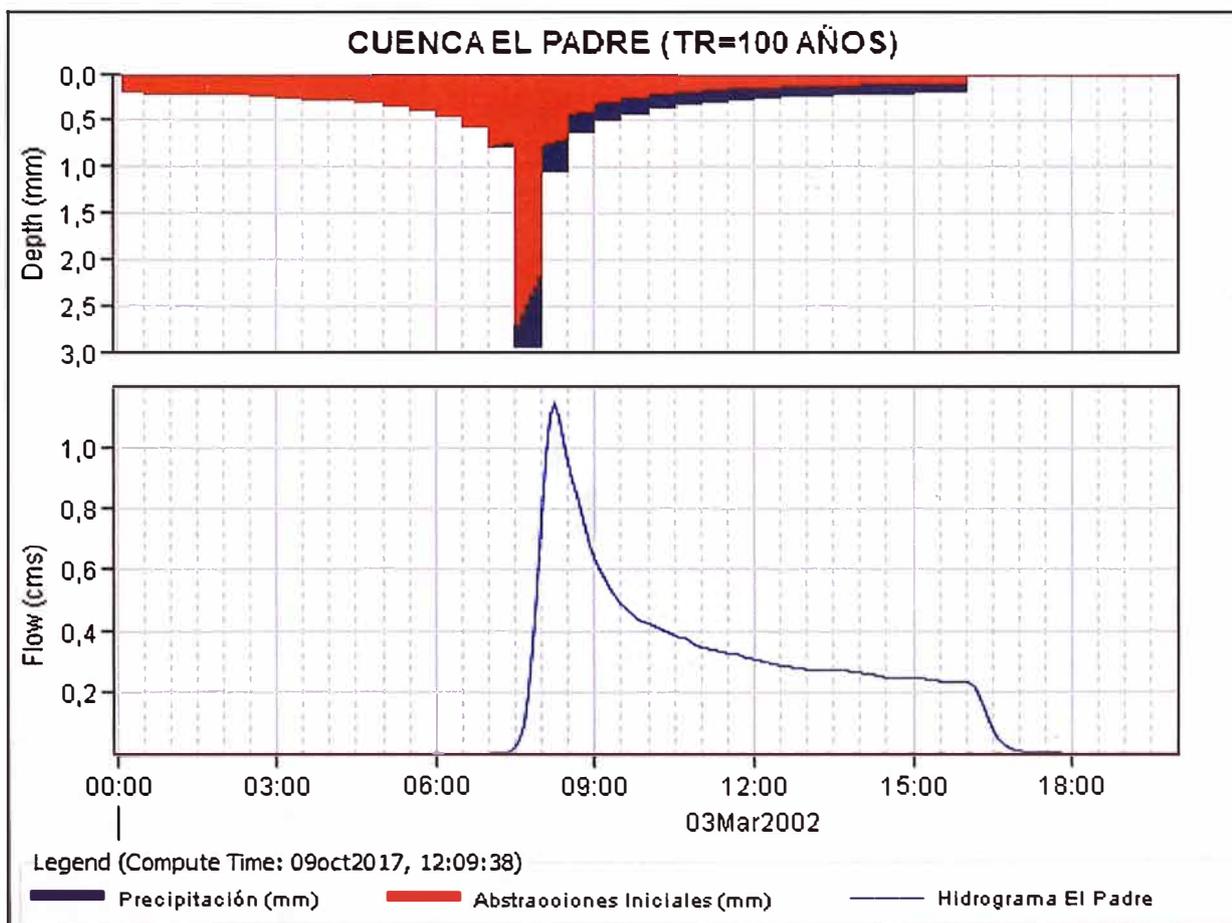
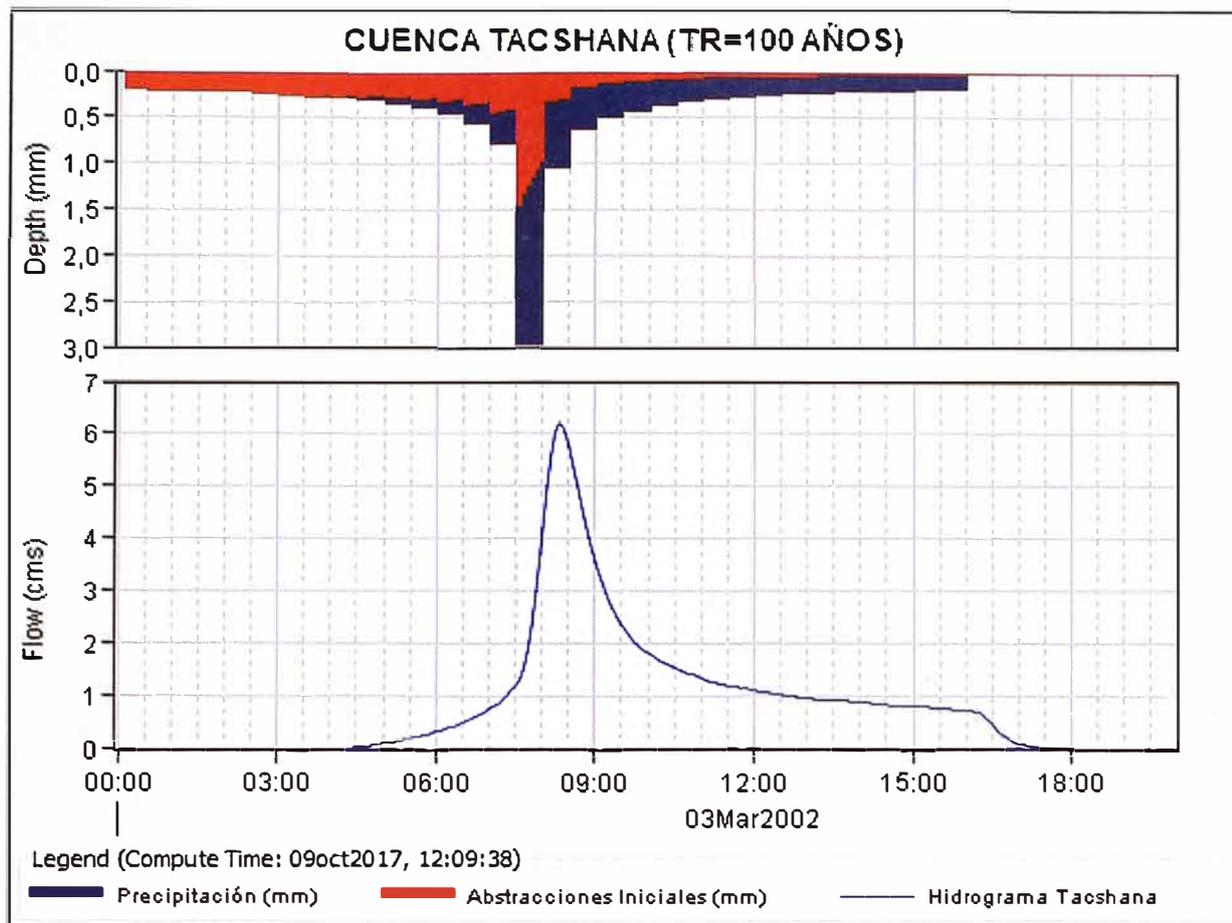
Número de Froude: 2.75 (Flujo Supercrítico)

ANEXO F

Hidrogramas Generados en el Modelo HEC-HMS 4.2.1



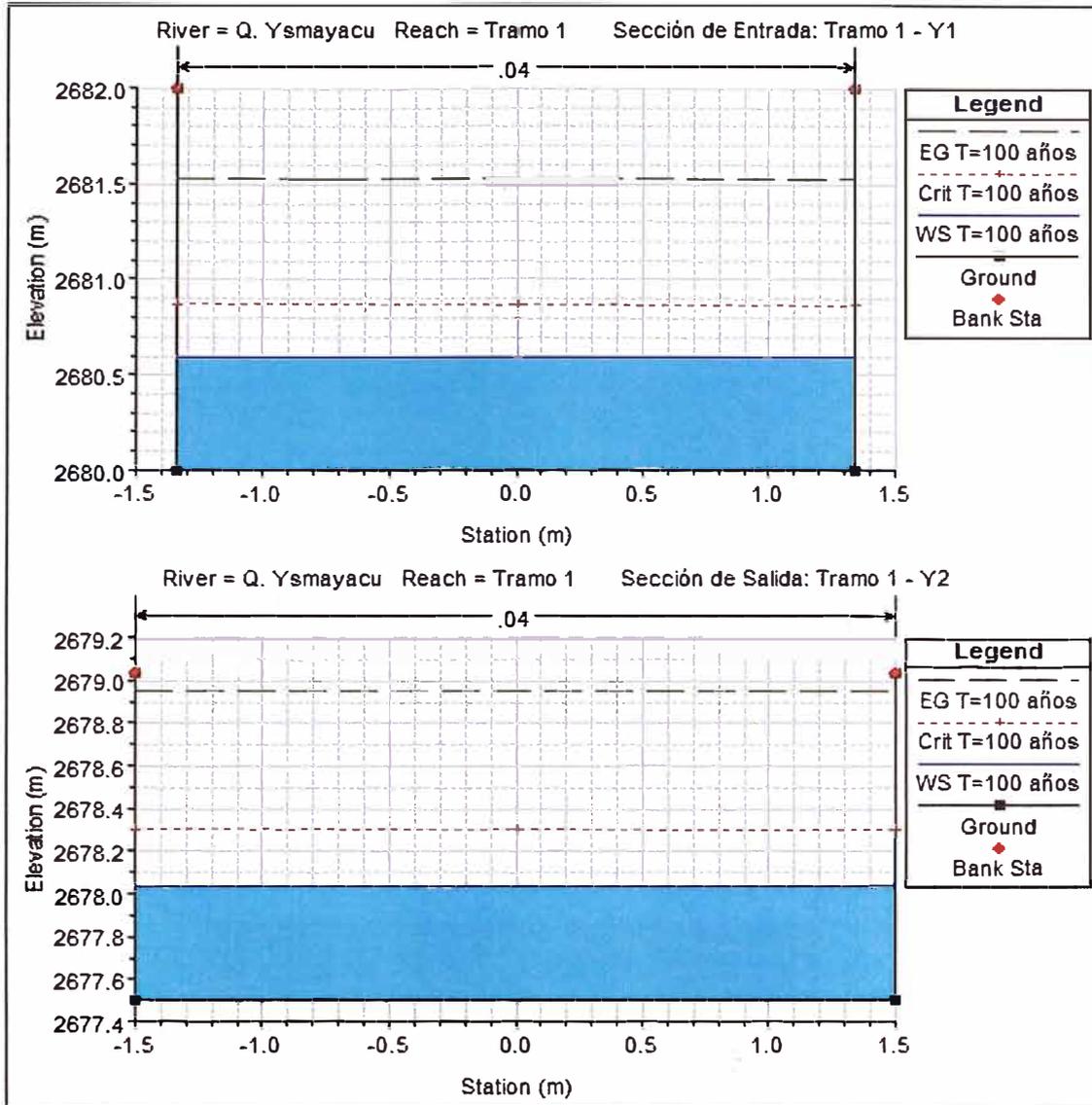




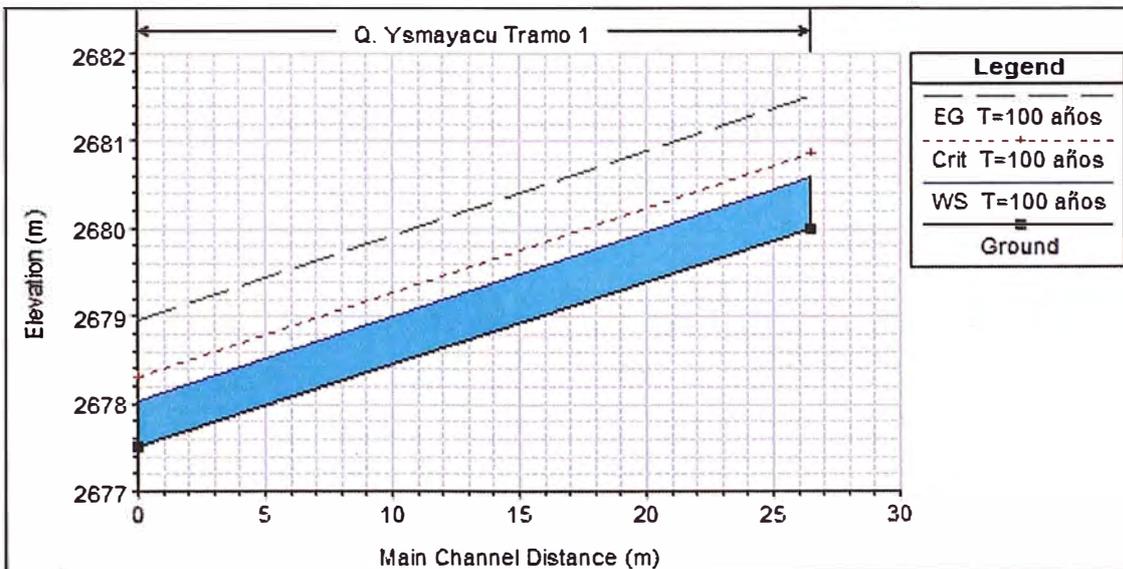
ANEXO G

Gráficos Generados en el Modelo HEC-RAS 4.1.0

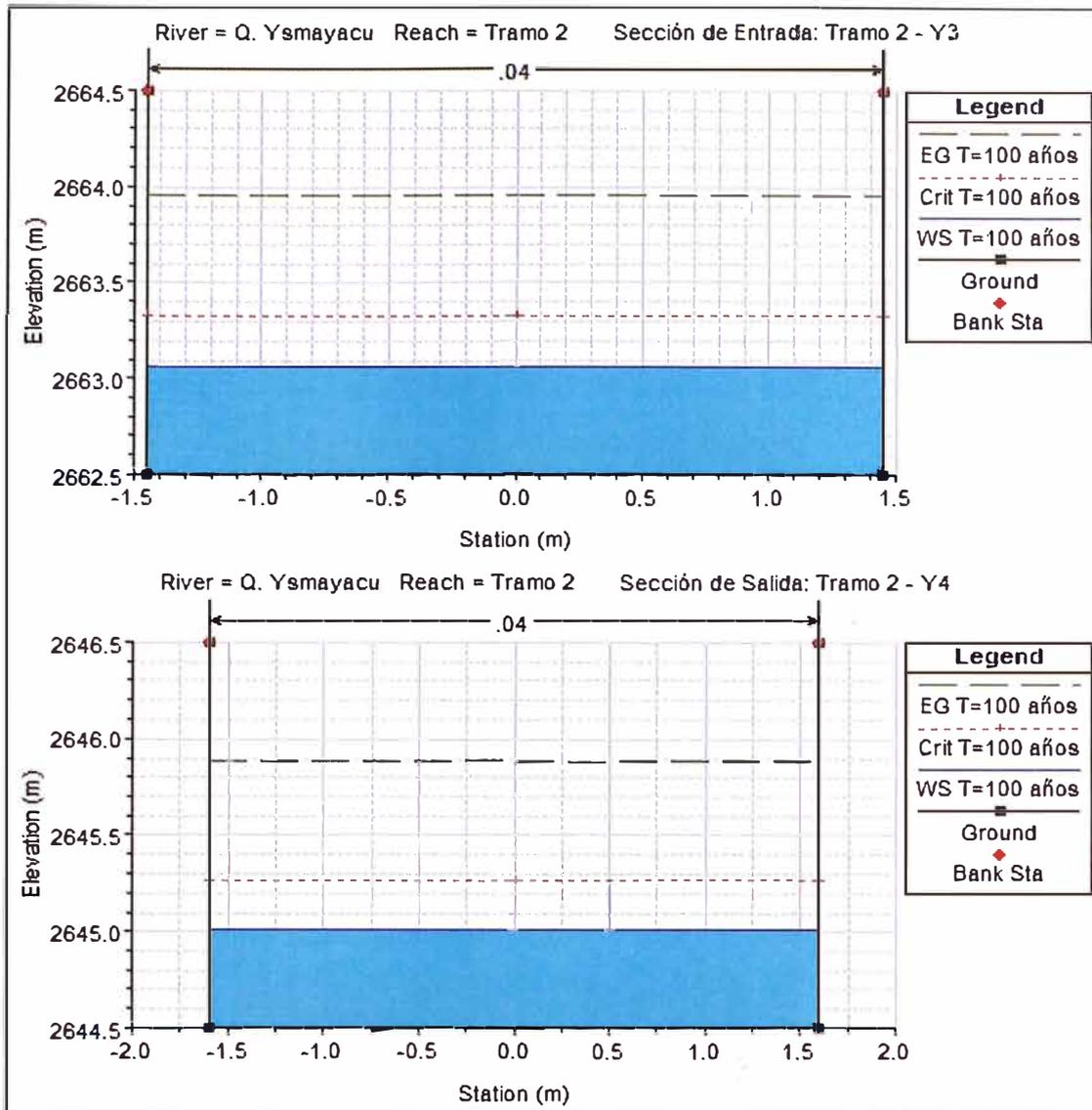
QUEBRADA YSMAYACU: SECCIONES DEL TRAMO 1



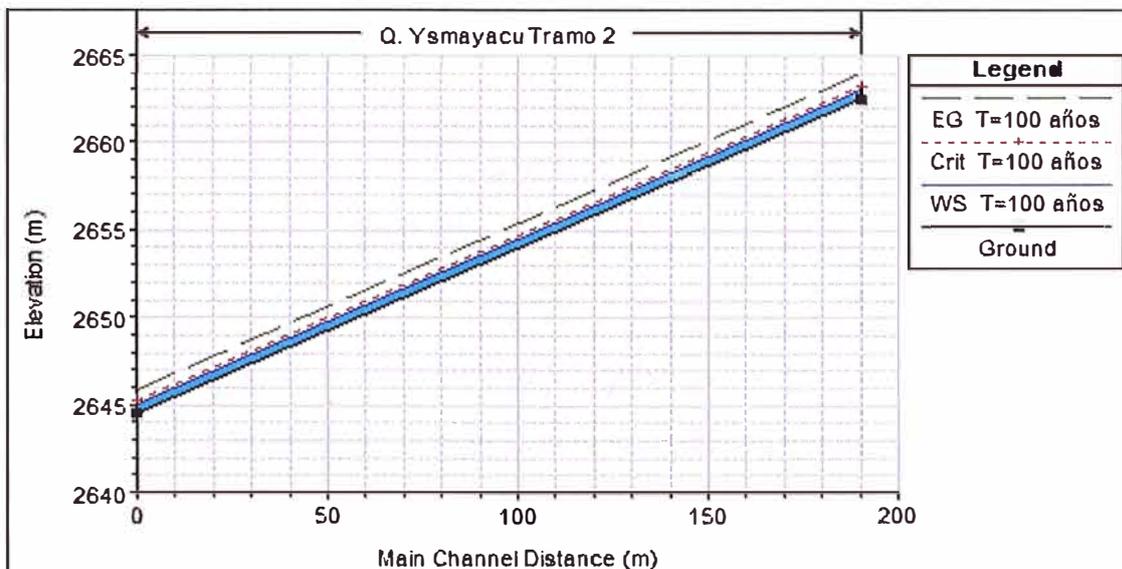
QUEBRADA YSMAYACU: PERFIL DEL TRAMO 1



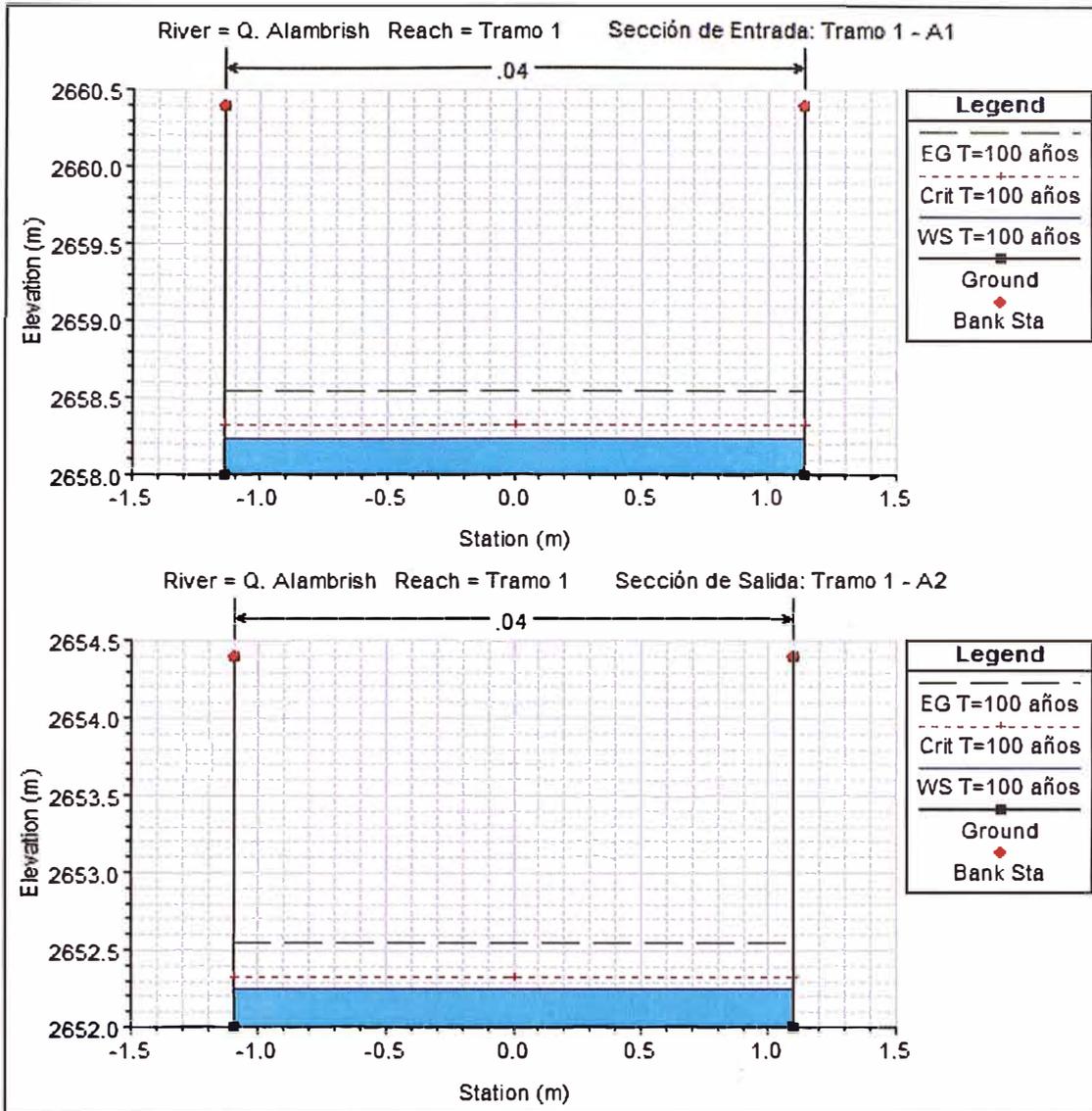
QUEBRADA YSMAYACU: SECCIONES DEL TRAMO 2



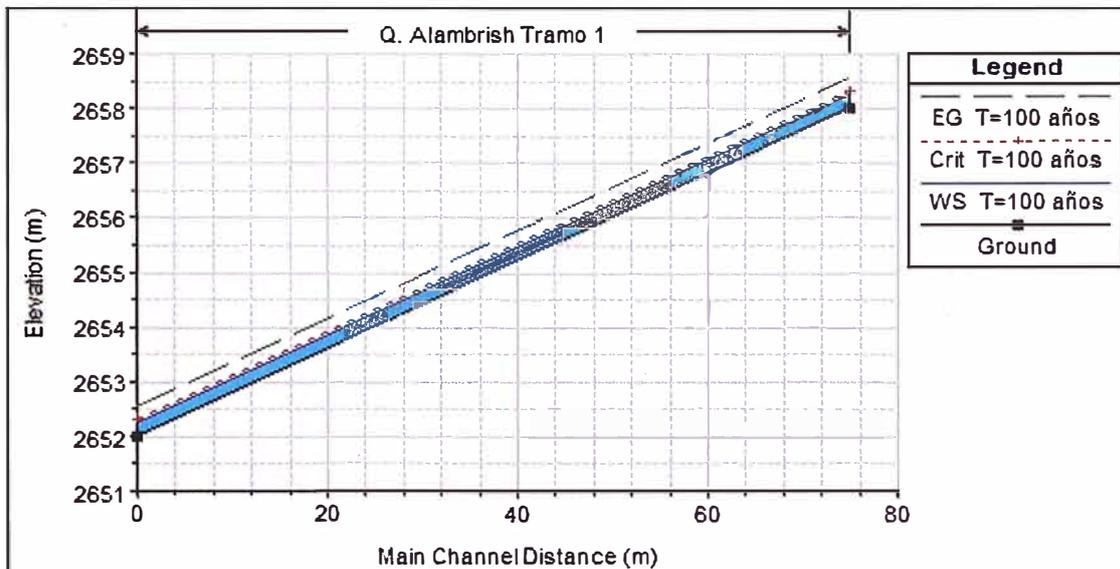
QUEBRADA YSMAYACU: PERFIL DEL TRAMO 2



QUEBRADA ALAMBRISH: SECCIONES DEL TRAMO 1



QUEBRADA ALAMBRISH: PERFIL DEL TRAMO 1



ANEXO H

Parámetros de Ingreso al Modelo SWMM 5.1

PARÁMETROS DE LAS SUBCUENCAS URBANAS DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA

Nombre	Nodo de Salida	Área (ha)	Área Impl. (%)	Ancho (m)	Pendiente (%)	Nombre	Nodo de Salida	Área (ha)	Área Impl. (%)	Ancho (m)	Pendiente (%)
C01	N01	9.35	9.53	118.10	7.26	C68	N58	0.48	85.39	56.11	9.31
C02	N03	0.61	44.50	60.04	8.86	C69	N58	0.15	95.84	24.50	12.91
C03	N02	4.68	4.95	126.26	9.16	C70	N59	0.38	74.98	43.92	9.32
C04	N04	0.12	84.98	42.81	11.50	C71	N71	1.63	80.56	96.41	8.86
C05	N06	0.53	78.52	57.86	8.73	C72	N72	1.06	33.93	75.14	9.25
C06	N07	0.48	64.86	44.09	7.31	C73	N73	0.34	100.00	26.94	9.49
C07	N08	0.50	77.04	37.24	8.20	C74	N60	0.41	96.29	51.64	8.87
C08	N09	0.48	100.00	37.79	7.93	C75	N61	0.47	95.49	53.41	9.18
C09	N10	0.64	50.53	67.77	8.43	C76	N62	0.35	63.47	54.72	10.82
C10	N11	0.20	100.00	23.69	8.37	C77	N63	0.16	94.12	22.70	10.01
C11	N11	1.06	69.58	76.61	5.76	C78	N63	0.49	71.24	56.54	8.08
C12	NFAA05	0.37	79.18	37.18	9.03	C79	N64	0.27	80.74	37.58	9.91
C13	NDA04	0.50	84.39	59.84	6.03	C80	N65	0.27	80.61	37.22	9.48
C14	N15	0.54	78.83	48.00	6.20	C81	N65	0.18	95.99	28.26	10.81
C15	N15	0.69	92.85	38.48	5.59	C82	N66	0.38	90.65	44.40	9.45
C16	NFAA06	1.07	39.11	82.76	9.25	C83	N66	0.29	79.44	40.39	9.91
C17	N16-2	0.99	68.28	55.56	6.75	C84	N67	0.11	100.00	27.75	7.75
C18	N17	4.38	10.08	80.98	9.42	C85	N67	0.15	82.97	22.55	7.37
C19	N20	2.44	8.97	70.34	7.79	C86	N68	0.38	64.90	50.85	10.78
C20	N22	6.97	22.83	69.89	9.62	C87	N69	0.48	67.81	54.99	9.13
C21	NFAA01	0.19	83.53	24.63	9.19	C88	N69	0.19	52.54	27.84	10.08
C22	N19	0.33	70.82	49.54	9.03	C89	N70	0.33	82.99	46.14	9.89
C23	N21	0.46	35.21	50.41	6.62	C90	NFAA04	0.35	83.48	36.59	7.23
C24	N23	0.35	62.53	45.50	2.57	C91	N74	0.47	81.73	56.51	9.55
C25	N30	1.72	64.03	49.42	8.60	C92	N75	0.42	89.37	67.27	11.23
C26	N31	2.45	27.72	62.88	8.47	C93	N76	0.45	65.71	70.88	11.06
C27	N37	1.86	54.54	81.16	10.05	C94	N77	0.48	95.18	73.15	10.67
C28	N33	2.27	40.98	73.83	14.01	C95	N78	0.27	79.20	43.18	11.15
C29	N38	1.33	46.83	58.01	9.59	C96	N79	0.24	65.12	33.28	8.37
C30	N34	2.76	50.19	73.60	14.41	C97	N79	0.19	100.00	28.83	9.34
C31	N35	0.37	74.66	36.69	7.03	C98	N80	0.33	67.56	46.46	9.89
C32	N36	0.29	88.67	32.19	7.66	C99	N80	0.19	92.32	30.10	9.36
C33	N36	0.46	70.67	50.04	10.97	C100	N81	0.36	76.32	46.82	7.91
C34	N38	0.14	54.22	42.11	6.16	C101	N82	0.22	100.00	29.87	8.13
C35	N39	0.44	57.80	41.06	5.57	C102	N83	0.34	83.23	39.21	9.17
C36	N40	0.88	31.37	61.60	8.36	C103	N84	0.50	84.03	57.97	9.20
C37	NFAA02	0.27	100.00	26.08	10.72	C104	N85	0.51	87.41	56.43	8.85
C38	N24	0.34	80.85	36.49	9.61	C105	N86	0.52	70.93	60.89	9.29
C39	N25	0.33	72.83	30.35	8.34	C106	N86	0.18	100.00	26.73	10.25
C40	N25	0.32	80.86	39.25	9.83	C107	N87	0.67	71.28	64.96	6.80
C41	N26	0.30	48.15	28.08	6.60	C108	N88	0.52	61.83	51.95	7.99
C42	N26	0.24	64.48	38.09	9.60	C109	N89	0.48	78.90	54.15	7.96
C43	N27	0.26	45.01	29.69	6.76	C110	N90	0.26	89.85	41.04	7.87
C44	N27	0.11	76.64	16.82	9.49	C111	N91	0.24	84.28	38.83	8.03
C45	N28	0.49	65.05	51.39	7.40	C112	N91	0.29	100.00	48.69	8.26
C46	N49	0.70	41.18	50.58	10.09	C113	N92	0.18	100.00	31.52	8.69
C47	N50	0.83	70.36	68.43	9.88	C114	N92	0.47	94.49	73.26	9.36
C48	N51	0.68	49.91	48.43	8.57	C115	N93	0.48	95.35	63.68	7.96
C49	N52	0.39	75.63	29.94	9.29	C116	N109	0.96	84.59	72.24	9.04
C50	N52	0.90	78.97	69.75	10.08	C117	N96	0.49	80.67	53.52	6.58
C51	N41	0.13	100.00	21.57	9.69	C118	N97	0.49	76.57	54.37	7.74
C52	N42	0.36	70.97	48.88	8.09	C119	N98	0.49	85.25	57.19	9.42
C53	NFYS02	0.22	100.00	27.56	9.80	C120	N99	0.50	94.35	57.27	8.01
C54	N53	0.19	88.11	28.90	9.24	C121	N100	0.51	89.77	57.41	7.93
C55	N54	0.35	82.30	41.65	7.68	C122	N100	0.16	95.22	23.77	9.00
C56	N55	0.49	78.33	56.41	8.05	C123	N101	0.40	73.31	53.23	9.33
C57	NFYS03	0.16	100.00	26.20	8.03	C124	N102	0.55	83.22	68.26	6.22
C58	N43	0.44	83.32	44.43	10.06	C125	N103	0.46	93.53	54.78	8.41
C59	N44	0.53	36.63	52.52	10.93	C126	N104	0.17	100.00	28.34	10.00
C60	N45	0.63	33.87	58.20	11.06	C127	N105	0.32	87.64	50.95	9.60
C61	N46	0.56	87.81	59.54	10.65	C128	N105	0.23	96.99	36.58	9.75
C62	N47	0.75	52.10	61.64	8.25	C129	N106	0.28	100.00	43.96	9.59
C63	N48	0.46	82.02	47.53	8.32	C130	N106	0.47	98.56	73.06	9.36
C64	NFTA02	0.14	63.08	29.46	8.48	C131	N107	0.48	98.07	63.25	9.27
C65	N56	0.21	88.90	29.50	9.75	C132	N110	0.50	98.95	54.70	7.62
C66	N56	0.17	77.40	27.39	9.57	C133	N111	0.49	90.50	54.37	7.77
C67	N57	0.35	39.79	40.38	9.28	C134	N112	0.50	94.06	56.49	7.90

Nombre	Nodo de Salida	Área (ha)	Área Impl. (%)	Ancho (m)	Pendiente (%)
C135	N113	0.42	100.00	51.94	7.49
C136	N114	0.46	95.38	55.15	7.17
C137	N115	0.49	93.08	53.77	6.52
C138	NFTA04	0.56	100.00	43.85	5.49
C139	N116	0.63	54.16	57.54	11.00
C140	N117	0.50	83.58	55.02	6.56
C141	N118	0.44	79.66	71.53	9.82
C142	N119	0.15	100.00	26.19	8.83
C143	N120	0.34	89.25	54.00	9.40
C144	N120	0.23	100.00	38.43	8.44
C145	N121	0.26	88.21	41.98	8.10
C146	N121	0.46	91.10	54.37	7.06
C147	N122	0.45	96.58	68.13	9.01
C148	N124	0.39	64.08	67.76	6.87
C149	N125	0.51	100.00	55.86	7.73
C150	N125	0.23	100.00	34.63	7.54
C151	N126	0.32	96.17	36.32	5.68
C152	N127	0.45	100.00	53.88	8.36
C153	N128	0.49	83.04	56.31	8.00
C154	N143	1.47	70.56	75.91	7.23
C155	N129	0.68	81.80	57.87	6.77
C156	N130	0.43	94.84	51.70	7.16
C157	N131	0.23	88.42	40.08	7.00
C158	N132	0.24	89.44	39.80	8.37
C159	N132	0.23	85.56	38.82	8.26
C160	N133	0.24	91.76	39.90	8.49
C161	N133	0.23	83.98	37.69	8.23
C162	N134	0.25	72.00	40.88	8.09
C163	N134	0.35	78.33	46.86	8.01
C164	N135	0.17	84.72	26.39	9.17
C165	N135	0.47	93.82	68.65	8.83
C166	N137	0.49	95.49	53.61	7.60
C167	N138	0.48	93.30	54.95	8.02
C168	N138	0.20	100.00	29.06	8.51
C169	N139	0.34	88.26	45.78	8.06
C170	N139	0.18	100.00	27.85	7.74
C171	N140	0.35	93.04	40.40	8.14
C172	N141	0.46	100.00	53.93	8.27
C173	N142	0.28	100.00	31.29	8.91
C174	N156	1.61	49.13	102.42	6.99
C175	N157	0.86	68.56	63.87	8.96
C176	N144	0.46	100.00	53.13	5.75
C177	N144	0.42	75.73	68.91	8.13
C178	N145	0.18	86.90	30.82	8.54
C179	N146	0.31	37.41	49.49	7.96
C180	N146	0.31	87.10	41.42	6.62
C181	N147	0.19	100.00	30.65	9.69
C182	N147	0.46	85.14	65.47	8.63
C183	N149	0.48	97.48	53.73	6.68
C184	N150	0.49	83.94	55.07	7.95
C185	N150	0.25	82.21	38.69	9.44
C186	N151	0.25	57.85	38.90	9.44
C187	N151	0.17	100.00	26.24	7.95
C188	N152	0.35	90.34	49.00	8.44
C189	N153	0.48	94.31	55.48	8.06
C190	N154	0.42	73.58	48.82	7.04
C191	N159	0.37	59.87	65.68	8.79
C192	N159	0.20	81.17	37.27	9.10
C193	N160	0.23	86.89	39.59	8.51
C194	N160	0.23	60.54	38.56	8.50
C195	N161	0.22	71.67	38.50	8.67
C196	N161	0.31	61.31	46.32	9.01
C197	N162	0.18	85.19	27.27	7.48
C198	N162	0.45	72.55	69.44	7.75
C199	N164	0.47	86.06	53.58	6.80
C200	N165	0.49	85.19	55.17	7.87
C201	N165	0.45	84.34	69.45	9.34
C202	N166	0.17	100.00	27.14	9.52

Nombre	Nodo de Salida	Área (ha)	Área Impl. (%)	Ancho (m)	Pendiente (%)
C203	N167	0.35	74.70	40.39	5.72
C204	N168	0.45	81.89	53.26	7.08
C205	N169	0.46	85.84	55.70	8.49
C206	N216	0.32	93.02	43.44	8.12
C207	N170	0.18	73.11	22.43	7.64
C208	N171	0.14	73.98	18.66	7.96
C209	N171	0.30	76.12	41.80	6.97
C210	N172	0.31	73.37	43.70	7.15
C211	N173	0.69	45.31	42.57	3.69
C212	N174	1.19	49.57	65.53	4.42
C213	N174	3.83	22.59	138.93	6.54
C214	N195	1.35	72.70	53.92	7.20
C215	N176	0.43	77.66	63.09	7.35
C216	N176	0.43	84.21	51.80	7.17
C217	N177	0.45	84.67	67.90	7.52
C218	N178	0.27	70.61	41.81	7.79
C219	N179	0.24	67.94	39.94	8.21
C220	N179	0.25	91.10	39.93	8.11
C221	N180	0.28	85.46	31.85	5.76
C222	N181	0.43	72.70	51.82	7.16
C223	N181	0.30	75.26	50.72	8.50
C224	N182	0.19	83.62	29.82	9.47
C225	N182	0.30	81.94	46.89	7.93
C226	N183	0.20	59.69	37.97	5.74
C227	N183	0.21	81.14	32.75	7.64
C228	N184	0.34	75.57	40.39	7.06
C229	N194	0.35	84.42	26.42	6.72
C230	N186	0.44	79.43	65.46	7.44
C231	N186	0.46	92.68	53.10	6.93
C232	N187	0.44	79.61	52.74	5.99
C233	N188	0.15	33.91	26.44	8.71
C234	N189	0.38	74.20	57.72	7.60
C235	N189	0.44	82.08	66.06	7.43
C236	N191	0.47	82.38	51.86	6.63
C237	N191	0.23	91.18	37.25	6.50
C238	N192	0.26	83.69	38.57	7.37
C239	N192	0.24	75.75	36.13	5.94
C240	N193	0.24	70.87	40.13	8.30
C241	N193	0.18	91.68	29.04	6.50
C242	N194	0.34	53.89	50.51	7.43
C243	N201	1.19	62.05	65.65	7.16
C244	N196	0.43	75.67	50.74	7.12
C245	N201	0.77	58.01	61.04	6.37
C246	N203	0.28	53.61	39.29	4.18
C247	N204	0.26	63.66	39.06	7.37
C248	N204	1.72	48.53	66.82	7.39
C249	N199	0.61	50.98	70.30	9.20
C250	N205	0.65	46.39	38.92	6.55
C251	N206	0.73	66.96	41.31	6.25
C252	N199	0.63	43.80	62.42	6.92
C253	N202	0.39	82.03	40.16	6.19
C254	N211	0.40	69.83	41.35	6.18
C255	N206	0.62	42.38	70.59	4.52
C256	N211	1.04	67.14	56.85	7.10
C257	N212	0.22	80.91	28.08	6.48
C258	N212	0.21	55.62	38.54	5.49
C259	N213	0.34	66.99	34.73	7.22
C260	N213	0.33	54.06	36.04	7.57
C261	N214	0.42	79.96	44.11	6.36
C262	N214	0.23	91.28	25.11	6.61
C263	N215	0.54	54.21	57.97	6.39
C264	N207	0.92	69.19	59.17	7.74
C265	N208	1.07	64.83	61.65	8.66
C266	N209	1.34	38.89	76.53	6.28
C267	N217	6.18	52.67	101.69	16.79
C268	N218	0.56	90.02	40.43	10.85
C269	N219	1.82	53.34	128.23	10.58
C270	N220	0.29	78.29	33.26	8.12

PARÁMETROS DE LOS NODOS DE CONEXIÓN

Nombre	Elevación (m)
N01	2682.48
N02	2687.77
N03	2681.20
N04	2684.84
N05	2673.64
N06	2674.01
N07	2675.62
N08	2676.94
N09	2663.59
N10	2665.66
N11	2666.55
N12	2668.00
N13	2661.49
N14	2660.44
N15	2658.24
N16	2657.57
N17	2722.92
N18	2718.00
N19	2717.31
N20	2716.97
N21	2716.48
N22	2720.42
N23	2715.69
N24	2707.18
N25	2708.37
N26	2710.09
N27	2710.83
N28	2709.12
N29	2712.00
N30	2709.33
N31	2705.98
N32	2721.26
N33	2717.06
N34	2705.89
N35	2703.00
N36	2702.23
N37	2703.00
N38	2699.00
N39	2694.38
N40	2688.45
N41	2704.67
N42	2703.21
N43	2699.00
N44	2696.54
N45	2694.00
N46	2692.08
N47	2687.82
N48	2684.18
N49	2693.32
N50	2695.13
N51	2696.77
N52	2697.04
N53	2697.82
N54	2697.69
N55	2695.03
N56	2692.90
N57	2689.74
N58	2687.61
N59	2686.27
N60	2686.65
N61	2688.34
N62	2690.13
N63	2690.27
N64	2690.68
N65	2690.87
N66	2688.89
N67	2689.18

Nombre	Elevación (m)
N68	2684.05
N69	2681.25
N70	2679.69
N71	2676.00
N72	2672.47
N73	2670.15
N74	2680.11
N75	2682.34
N76	2682.99
N77	2683.19
N78	2683.86
N79	2684.49
N80	2682.80
N81	2681.02
N82	2680.51
N83	2678.80
N84	2675.02
N85	2672.89
N86	2670.88
N87	2669.68
N88	2671.85
N89	2674.77
N90	2677.10
N91	2676.90
N92	2676.59
N93	2677.41
N94	2679.03
N95	2677.30
N96	2675.74
N97	2673.45
N98	2669.25
N99	2666.53
N100	2664.92
N101	2662.95
N102	2669.51
N103	2669.90
N104	2670.39
N105	2670.19
N106	2670.56
N107	2671.87
N108	2672.40
N109	2671.59
N110	2669.57
N111	2668.38
N112	2666.05
N113	2662.40
N114	2660.16
N115	2657.50
N116	2657.00
N117	2662.48
N118	2664.32
N119	2664.58
N120	2664.32
N121	2664.28
N122	2665.54
N123	2667.01
N124	2665.78
N125	2663.81
N126	2663.94
N127	2661.34
N128	2657.47
N129	2652.83
N130	2657.65
N131	2659.51
N132	2658.28
N133	2658.75
N134	2658.54

Nombre	Elevación (m)
N135	2659.74
N136	2660.64
N137	2659.83
N138	2658.29
N139	2657.99
N140	2656.60
N141	2652.96
N142	2649.00
N143	2646.37
N144	2652.99
N145	2652.99
N146	2652.54
N147	2653.66
N148	2654.51
N149	2653.57
N150	2652.05
N151	2652.28
N152	2651.10
N153	2648.12
N154	2644.77
N155	2644.83
N156	2644.25
N157	2647.32
N158	2648.97
N159	2647.81
N160	2647.37
N161	2647.80
N162	2648.86
N163	2648.86
N164	2648.18
N165	2646.25
N166	2645.93
N167	2648.76
N168	2643.79
N169	2639.86
N170	2638.11
N171	2639.44
N172	2635.74
N173	2629.97
N174	2629.90
N175	2641.65
N176	2641.19
N177	2642.48
N178	2642.90
N179	2642.83
N180	2642.99
N181	2640.88
N182	2639.76
N183	2640.05
N184	2638.73
N185	2635.92
N186	2635.92
N187	2637.11
N188	2637.87
N189	2637.21
N190	2638.11
N191	2636.07
N192	2635.65
N193	2634.89
N194	2634.04
N195	2629.12
N196	2630.05
N197	2632.24
N198	2630.46
N199	2630.38
N200	2624.60
N201	2622.24

Nombre	Elevación (m)
N202	2624.01
N203	2620.35
N204	2617.13
N205	2619.02
N206	2619.40
N207	2606.66
N208	2603.62
N209	2607.55
N210	2613.17
N211	2624.35
N212	2633.02
N213	2627.85
N214	2628.10
N215	2628.22
N216	2637.70
N217	2655.82
N218	2640.50
N219	2638.75
N220	2634.68
NDC01	2642.52
NDD01	2668.55
NDA01	2682.64
NDA02	2673.35
NDA03	2665.35
NDA04	2659.74
NFAA01	2717.00
NFAA02	2706.18
NFAA03	2692.32
NFAA04	2678.17
NFAA05	2666.70
NFAA06	2653.00
N16-2	2657.57
NFYS01	2710.42
NFYS02	2703.50
NFYS03	2693.80
NFTA01	2685.45
NFTA02	2682.80
NFTA03	2669.84
NFTA04	2652.80
NFTA05	2640.10
CN01	2652.00
NAH01	2669.40
NAH02	2658.00
NAA01	2713.50
NAA02	2701.60
NAA03	2688.10
NAA04	2671.40
NAA05	2662.60
NAA06	2646.00
NYS01	2706.62
NYS02	2699.06
NYS03	2691.00
NYS04	2685.00
NYS05	2682.50
NYS06	2675.50
NYS07	2672.46
NYS08	2664.80
NYS09	2646.00
NTA01	2682.45
NTA02	2679.60
NTA03	2667.34
NTA04	2648.80
NTA05	2635.00

PARÁMETROS DE LOS CONDUCTOS

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Longitud (m)	Rugosidad Manning	Sección	Ancho (m)
TAH01	NAH01	NAH02	142.4	0.045	RECT_OPEN	2.20
TAH02	NAH02	VAH01	75.0	0.036	RECT_OPEN	2.20
TAA01	NAA01	NAA02	119.1	0.045	RECT_OPEN	5.00
TAA02	NAA02	NAA03	135.0	0.045	RECT_OPEN	5.00
TAA03	NAA03	NAA04	167.0	0.045	RECT_OPEN	5.00
TAA04	NAA04	NAA05	88.6	0.045	RECT_OPEN	5.00
TAA05	NAA05	NAA06	176.4	0.045	RECT_OPEN	5.00
TAA06	NAA06	VAA01	30.0	0.045	RECT_OPEN	5.00
TYS01	NYS01	NYS02	94.8	0.036	RECT_OPEN	3.00
TYS02	NYS02	NYS03	84.8	0.036	RECT_OPEN	3.00
TYS03	NYS03	NYS04	63.1	0.036	RECT_OPEN	3.00
TYS04	NYS04	NYS05	26.5	0.036	RECT_OPEN	2.68
TYS05	NYS05	NYS06	73.5	0.036	RECT_OPEN	3.80
TYS06	NYS06	NYS07	32.0	0.036	RECT_OPEN	3.80
TYS07	NYS07	NYS08	95.0	0.036	RECT_OPEN	3.20
TYS08	NYS08	NYS09	227.7	0.036	RECT_OPEN	3.20
TYS09	NYS09	VYS01	38.7	0.036	RECT_OPEN	3.20
TTA01	NTA01	NTA02	35.5	0.045	RECT_OPEN	3.00
TTA02	NTA02	NTA03	116.5	0.045	RECT_OPEN	3.00
TTA03	NTA03	NTA04	225.7	0.045	RECT_OPEN	3.00
TTA04	NTA04	NTA05	148.5	0.045	RECT_OPEN	3.00
TTA05	NTA05	VTA1	30.4	0.045	RECT_OPEN	3.00
TH01	N01	N03	67.4	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH02	N04	N03	81.1	0.015	RECT_OPEN	4.50
TH04	N06	N05	89.7	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH05	N07	N06	77.9	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH06	N08	N07	53.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH07	N10	N09	47.6	0.015	RECT_OPEN	6.80
TH08	N11	N10	87.3	0.015	RECT_OPEN	6.80
TH09	N12	N11	144.0	0.015	RECT_OPEN	4.80
TH10	N12	NFAA05	44.2	0.015	RECT_OPEN	4.80
TH11	N13	N14	35.4	0.015	RECT_OPEN	10.00
TH12	N14	NDA04	33.5	0.015	RECT_OPEN	10.00
TH13	NDA04	N15	62.7	0.015	IRREGULAR	10.00
TH14	N15	N16	16.3	0.015	IRREGULAR	10.00
TH15	N16	NFAA06	95.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TH16	N18	NFAA01	30.3	0.015	RECT_OPEN	7.40
TH17	N18	N19	64.7	0.015	RECT_OPEN	7.40
TH18	N19	N20	72.3	0.015	RECT_OPEN	7.40
TH19	N20	N21	67.7	0.015	RECT_OPEN	7.40
TH20	N21	N23	67.8	0.015	RECT_OPEN	7.40
TH21	N24	NFAA02	38.7	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH22	N25	N24	67.8	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH23	N26	N25	70.4	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH24	N27	N26	65.1	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH25	N30	N31	61.3	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH26	N37	N38	67.9	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH27	N39	N40	97.3	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH28	N40	NFTA01	57.7	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH29	N43	N44	66.4	0.015	RECT_OPEN	6.00
TH30	N46	N47	113.9	0.015	RECT_OPEN	6.00
TH31	N47	N48	89.5	0.015	RECT_OPEN	6.00
TH32	N48	NFTA02	38.8	0.015	RECT_OPEN	6.00
TH33	N49	NFAA03	27.7	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH34	N50	N49	62.6	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH35	N51	N50	67.4	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH36	N55	NFYS03	29.8	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH37	N61	N60	66.5	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH38	N63	N62	67.0	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH39	N67	N68	69.3	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH40	N68	N69	68.7	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH41	N69	N70	68.9	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH42	N70	N71	131.3	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH43	N71	N72	68.0	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH44	N74	NFAA04	101.1	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH45	N75	N74	70.3	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH46	N76	N75	67.3	0.015	RECT_OPEN	3.90

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Longitud (m)	Rugosidad Manning	Sección	Ancho (m)
TH47	N77	N76	67.1	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH48	N82	N83	23.9	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH49	N83	N84	67.5	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH50	N84	N85	68.4	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH51	N85	N86	69.0	0.015	RECT_OPEN	3.90
TH52	N88	NFAA05	49.9	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH53	N89	N88	86.3	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH54	N94	N93	68.8	0.015	RECT_OPEN	4.00
TH55	N95	N96	69.7	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH56	N96	N97	67.5	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH57	N97	N98	69.8	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH58	N98	N99	68.0	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH59	N99	N100	69.5	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH60	N100	N101	73.9	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH61	N102	NFAA05	45.7	0.015	RECT_OPEN	4.10
TH62	N103	N102	101.4	0.015	RECT_OPEN	4.10
TH63	N108	N109	67.7	0.015	RECT_OPEN	6.60
TH64	N112	N113	67.0	0.015	IRREGULAR	10.00
TH65	N113	N114	69.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TH66	N114	N115	82.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TH67	N115	NFTA04	131.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TH68	N116	CN01	66.3	0.015	RECT_OPEN	4.70
TH69	N117	N116	96.0	0.015	RECT_OPEN	4.70
TH70	N118	N117	68.8	0.015	RECT_OPEN	4.70
TH71	N119	N118	66.0	0.015	RECT_OPEN	4.10
TH72	N123	N122	68.1	0.015	RECT_OPEN	4.10
TH73	N123	N124	67.0	0.015	RECT_OPEN	5.70
TH74	N126	N127	65.9	0.015	RECT_OPEN	4.70
TH75	N127	N128	71.6	0.015	RECT_OPEN	4.70
TH76	N129	CN01	38.1	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH77	N130	N129	118.3	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH78	N131	N130	67.0	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH79	N131	N132	67.9	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH80	N133	N132	67.9	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH81	N136	N137	67.9	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH82	N137	N138	68.1	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH83	N138	N139	69.1	0.015	RECT_OPEN	5.40
TH84	N140	N141	71.5	0.015	IRREGULAR	10.00
TH85	N141	N142	76.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TH86	N142	N143	81.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TH87	N143	NFTA05	101.7	0.015	IRREGULAR	10.00
TH88	N145	N144	68.3	0.015	RECT_OPEN	6.70
TH89	N145	N146	68.7	0.015	IRREGULAR	10.00
TH90	N148	N149	67.8	0.015	RECT_OPEN	6.70
TH91	N151	N150	67.3	0.015	RECT_OPEN	6.70
TH92	N151	N152	69.9	0.015	RECT_OPEN	6.70
TH94	N157	N156	117.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TH95	N158	N157	72.3	0.015	IRREGULAR	10.00
TH96	N158	N159	65.2	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH97	N159	N160	70.9	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH100	N163	N164	68.6	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH101	N164	N165	66.9	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH102	N165	N166	68.2	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH103	N169	N216	47.4	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH104	N216	V13	30.0	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH105	N170	V3	25.6	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH106	N171	N170	36.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH107	N172	V4	48.4	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH108	N175	N176	67.3	0.015	RECT_OPEN	8.10
TH111	N180	N179	67.8	0.015	RECT_OPEN	8.10
TH112	N180	N181	67.9	0.015	RECT_OPEN	8.10
TH113	N183	N182	69.5	0.015	RECT_OPEN	8.10
TH116	N188	N187	70.5	0.015	RECT_OPEN	8.00
TH117	N188	N189	68.6	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH121	N173	N174	108.7	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH122	N174	V5-2	20.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TH124	N198	N199	68.6	0.015	RECT_OPEN	5.00
TH125	N200	N203	190.0	0.015	RECT_OPEN	5.70
TH128	N209	N208	41.7	0.035	RECT_OPEN	7.00

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Longitud (m)	Rugosidad Manning	Sección	Ancho (m)
TH129	N210	N209	91.6	0.035	RECT_OPEN	7.00
TH130	N217	NFTA04	86.5	0.015	RECT_OPEN	0.55
TV01	N05	N10	105.9	0.015	RECT_OPEN	7.70
TV02	N09	N13	51.2	0.015	RECT_OPEN	10.00
TV03	N14	V1	40.2	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV04	N01	N06	74.4	0.015	RECT_OPEN	9.00
TV05	N06	N11	90.6	0.015	RECT_OPEN	8.00
TV06	N11	N15	114.3	0.015	RECT_OPEN	8.00
TV07	N16-2	V2	119.2	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV08	N03	N07	77.4	0.015	RECT_OPEN	8.00
TV09	N02	N04	32.7	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV10	N04	N08	84.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV11	N08	N12	84.3	0.015	RECT_OPEN	6.00
TV12	N129	N155	120.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TV13	N155	N170	92.2	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV14	N171	N172	70.9	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV15	N172	N173	183.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV16	N173	V5	72.5	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV17	N88	N102	40.9	0.015	RECT_OPEN	3.50
TV18	N117	N130	68.9	0.015	RECT_OPEN	6.50
TV19	N130	N157	129.5	0.015	RECT_OPEN	6.50
TV20	N49	N60	71.8	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV21	N60	N74	72.0	0.015	RECT_OPEN	4.30
TV22	N74	N89	68.0	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV23	N89	N103	65.4	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV24	N103	N118	67.5	0.015	RECT_OPEN	4.50
TV25	N118	N131	66.8	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV26	N131	N158	130.3	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV27	N17	N18	64.9	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV28	N18	N24	105.8	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV29	N24	N50	130.7	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV30	N50	N61	71.1	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV31	N61	N75	69.6	0.015	RECT_OPEN	6.30
TV32	N75	N90	67.1	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV33	N90	N104	66.8	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV34	N104	N119	67.4	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV35	N119	N132	66.4	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV36	N132	N144	68.1	0.015	RECT_OPEN	5.10
TV37	N144	N159	64.7	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV38	N159	N175	76.6	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV39	N175	N185	73.0	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV40	N185	N195	105.0	0.015	RECT_OPEN	7.50
TV41	N195	N200	79.7	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV42	N19	N25	90.4	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV43	N25	N51	133.7	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV44	N51	N62	69.1	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV45	N62	N76	67.2	0.015	RECT_OPEN	4.10
TV46	N76	N91	68.8	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV47	N91	N105	67.2	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV48	N105	N120	65.6	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV49	N120	N133	66.6	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV50	N133	N145	67.4	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV51	N145	N160	67.4	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV52	N160	N176	70.8	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV53	N176	N186	75.0	0.015	RECT_OPEN	6.40
TV54	N186	N196	67.5	0.015	IRREGULAR	10.00
TV55	N196	N201	117.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TV56	N201	N203	72.2	0.015	IRREGULAR	10.00
TV57	N20	N26	68.5	0.015	RECT_OPEN	3.70
TV58	N26	N52	136.0	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV59	N52	N63	67.4	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV60	N63	N77	68.3	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV61	N77	N92	67.7	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV62	N92	N106	66.6	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV63	N106	N121	65.7	0.015	RECT_OPEN	4.25
TV64	N121	N134	68.1	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV65	N134	N146	68.3	0.015	RECT_OPEN	4.20
TV66	N146	N161	66.7	0.015	IRREGULAR	10.00
TV67	N161	N177	69.9	0.015	IRREGULAR	10.00

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Longitud (m)	Rugosidad Manning	Sección	Ancho (m)
TV68	N177	N187	68.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TV69	N187	N197	73.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TV70	N197	N204	190.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TV71	N204	N207	139.5	0.015	IRREGULAR	10.00
TV72	N207	N208	47.0	0.015	IRREGULAR	10.00
TV73	N208	V6	85.5	0.035	RECT_OPEN	1.20
TV74	N21	N27	66.8	0.015	RECT_OPEN	3.10
TV75	N27	N41	64.4	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV76	N41	N53	67.3	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV77	N53	N64	68.9	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV78	N64	N78	67.1	0.015	RECT_OPEN	4.65
TV79	N78	N93	69.4	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV80	N93	N107	66.5	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV81	N107	N122	66.8	0.015	RECT_OPEN	4.05
TV82	N122	N135	66.9	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV83	N135	N147	68.4	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV84	N147	N162	66.9	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV85	N162	N178	72.9	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV86	N178	N188	66.6	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV87	N188	N198	93.9	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV88	N198	N205	173.4	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV89	N205	N209	179.6	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV90	N22	N23	49.9	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV91	N23	N29	30.9	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV92	N29	N28	40.6	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV93	N28	N42	64.4	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV94	N42	N54	67.1	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV95	N54	N65	67.7	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV96	N65	N79	67.5	0.015	RECT_OPEN	5.30
TV97	N79	N94	69.8	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV98	N94	N108	71.4	0.015	RECT_OPEN	4.60
TV99	N108	N123	63.2	0.015	RECT_OPEN	6.00
TV100	N123	N136	68.7	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV101	N136	N148	69.7	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV102	N148	N163	65.1	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV103	N163	N179	66.1	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV104	N179	N189	72.5	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV105	N189	N199	93.9	0.015	RECT_OPEN	6.00
TV106	N199	N202	95.5	0.015	RECT_OPEN	6.80
TV107	N202	N206	83.8	0.015	RECT_OPEN	6.80
TV108	N206	N210	165.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TV109	N210	V7	75.2	0.015	RECT_OPEN	0.30
TV110	N55	N66	67.9	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV111	N66	N80	68.4	0.015	RECT_OPEN	5.20
TV112	N80	N95	67.8	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV113	N95	N109	72.0	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV114	N109	N124	63.6	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV115	N124	N137	71.2	0.015	RECT_OPEN	4.50
TV116	N137	N149	68.0	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV117	N149	N164	67.6	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV118	N164	N180	67.2	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV119	N180	N190	69.4	0.015	RECT_OPEN	4.40
TV120	N190	N211	190.3	0.015	IRREGULAR	10.00
TV121	N211	V8	54.5	0.015	IRREGULAR	10.00
TV122	N30	N43	90.6	0.015	RECT_OPEN	5.30
TV123	N43	N56	65.5	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV124	N56	N67	67.7	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV125	N67	N81	69.8	0.015	RECT_OPEN	4.35
TV126	N81	N96	71.4	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV127	N96	N110	66.2	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV128	N110	N125	69.0	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV129	N125	N138	67.6	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV130	N138	N150	68.5	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV131	N150	N165	69.7	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV132	N165	N181	64.9	0.015	RECT_OPEN	4.70
TV133	N181	N191	70.3	0.015	IRREGULAR	10.00
TV134	N191	N212	47.8	0.015	IRREGULAR	10.00
TV135	N212	V9	139.1	0.015	IRREGULAR	10.00
TV136	N31	N44	77.2	0.015	RECT_OPEN	5.30

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Longitud (m)	Rugosidad Manning	Sección	Ancho (m)
TV137	N44	N57	70.2	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV138	N57	N68	71.9	0.015	RECT_OPEN	5.30
TV139	N68	N83	69.7	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV140	N83	N97	69.2	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV141	N97	N111	68.2	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV142	N111	N126	68.7	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV143	N126	N139	69.2	0.015	RECT_OPEN	4.10
TV144	N139	N151	64.2	0.015	RECT_OPEN	4.00
TV145	N151	N166	69.2	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV146	N166	N182	69.1	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV147	N182	N192	66.7	0.015	IRREGULAR	10.00
TV148	N192	N213	91.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TV149	N213	V10	46.9	0.015	IRREGULAR	10.00
TV150	N32	N37	180.3	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV151	N37	N45	84.7	0.015	RECT_OPEN	6.15
TV152	N45	N58	64.6	0.015	RECT_OPEN	5.20
TV153	N58	N69	71.4	0.015	RECT_OPEN	4.55
TV154	N69	N84	69.1	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV155	N84	N98	73.1	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV156	N127	N140	70.2	0.015	RECT_OPEN	7.45
TV157	N140	N152	67.8	0.015	RECT_OPEN	7.40
TV158	N152	N167	62.9	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV159	N167	N183	73.2	0.015	RECT_OPEN	5.60
TV160	N183	N193	67.4	0.015	RECT_OPEN	5.60
TV161	N193	N214	93.9	0.015	RECT_OPEN	5.60
TV162	N214	V11	84.1	0.015	RECT_OPEN	5.60
TV163	N33	N35	132.3	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV164	N35	N38	41.9	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV165	N38	N46	79.6	0.015	RECT_OPEN	6.00
TV166	N46	N59	67.3	0.015	RECT_OPEN	5.80
TV167	N59	N70	73.0	0.015	RECT_OPEN	5.20
TV168	N70	N85	72.0	0.015	RECT_OPEN	5.80
TV169	N85	N99	67.3	0.015	RECT_OPEN	5.80
TV170	N99	N113	66.5	0.015	RECT_OPEN	4.95
TV171	N113	N128	77.3	0.015	RECT_OPEN	5.80
TV172	N128	N141	66.2	0.015	RECT_OPEN	7.75
TV173	N141	N153	65.6	0.015	IRREGULAR	10.00
TV174	N153	N168	68.9	0.015	IRREGULAR	10.00
TV175	N168	N184	72.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TV176	N184	N194	66.2	0.015	IRREGULAR	10.00
TV177	N194	N215	95.9	0.015	IRREGULAR	10.00
TV178	N215	V12	98.0	0.015	IRREGULAR	10.00
TV179	N86	N100	70.2	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV180	N100	N114	60.3	0.015	RECT_OPEN	6.30
TV181	N154	N169	69.9	0.015	RECT_OPEN	5.70
TV182	N34	N36	51.6	0.015	RECT_OPEN	8.30
TV183	N36	N39	77.8	0.015	RECT_OPEN	8.30
TV184	N39	N47	63.9	0.015	RECT_OPEN	8.30
TV185	N47	N71	130.9	0.015	RECT_OPEN	6.20
TV186	N40	N48	39.6	0.015	RECT_OPEN	6.80
TV187	N48	N73	138.0	0.015	RECT_OPEN	7.00
TV188	N73	NFTA03	49.2	0.015	RECT_OPEN	8.60
TV189	N72	N87	95.5	0.015	RECT_OPEN	4.80
TV190	N87	N101	67.0	0.015	RECT_OPEN	6.20
TV191	N101	N115	67.0	0.015	RECT_OPEN	6.20
TV192	N218	N220	86.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TV193	N218	N219	145.6	0.015	RECT_OPEN	5.40
TV194	N219	V15	16.5	0.015	RECT_OPEN	5.40
TV195	N220	V14	86.4	0.015	IRREGULAR	10.00
TDD01	NDD01	NYS08	28.0	0.015	RECT_CLOSED	0.78
TDC01	NDC01	N177	68.3	0.015	RECT_CLOSED	0.29
TDB01	N156	VDB01	10.0	0.015	RECT_CLOSED	0.40
TDA01	NDA01	NDA02	123.6	0.015	RECT_CLOSED	0.56
TDA02	NDA02	NDA03	99.8	0.015	RECT_CLOSED	0.56
TDA03	NDA03	NDA04	75.7	0.015	RECT_CLOSED	0.56
TH131	N29	NFYS01	29.4	0.015	RECT_OPEN	6.50
TH126	N203	N207	178.0	0.015	IRREGULAR	10.00

PARÁMETROS DE LOS VERTIDOS

Nombre	Elevación (m)	Tipo
VAH01	2652.0	FREE
VAA01	2643.0	FREE
VYS01	2644.0	FREE
VTA1	2632.3	FREE
V1	2656.3	FREE
V2	2647.6	FREE
V3	2632.0	FREE
V4	2631.0	FREE
V5	2627.0	FREE
V5-2	2629.4	FREE
V6	2596.0	FREE
V7	2610.5	FREE
V8	2621.0	FREE
V9	2624.8	FREE
V10	2624.5	FREE
V11	2622.2	FREE
V12	2622.5	FREE
V13	2636.9	FREE
V14	2629.4	FREE
V15	2638.2	FREE
VDB01	2644.2	FREE

PARÁMETROS DE REJAS

Nombre	Nodo de Entrada	Nodo de Salida	Offset (m)	Tipo	QTable/Qcoeff	Qexpon
RDD01	N98	NDD01	0.70	FUNCTIONAL/DEPTH	12000	0.8
RRDC01	N178	NDC01	0.38	FUNCTIONAL/DEPTH	420	0.6

PARÁMETROS EN LAS SUBÁREAS DE LAS SUBCUENCAS

Coefficiente de Manning en Suelo Impermeable: 0.015

Coefficiente de Manning en Suelo Permeable: 0.32

Altura de Almacenamiento en Suelo Impermeable: 2.5 mm

Altura del Almacenamiento en Suelo Permeable: 5.0 mm

PARÁMETROS DE INFILTRACIÓN

Número de Curva: 78

HIETOGRAMA DE PRECIPITACIONES PARA UN $T_r=25$ AÑOS

Hora (h:min)	Precipitación (mm)						
00:00	0.00	04:05	0.22	08:10	1.45	12:15	0.22
00:05	0.15	04:10	0.23	08:15	1.12	12:20	0.21
00:10	0.15	04:15	0.23	08:20	0.94	12:25	0.21
00:15	0.15	04:20	0.23	08:25	0.82	12:30	0.21
00:20	0.15	04:25	0.24	08:30	0.74	12:35	0.21
00:25	0.15	04:30	0.24	08:35	0.67	12:40	0.20
00:30	0.16	04:35	0.24	08:40	0.62	12:45	0.20
00:35	0.16	04:40	0.25	08:45	0.58	12:50	0.20
00:40	0.16	04:45	0.25	08:50	0.55	12:55	0.20
00:45	0.16	04:50	0.25	08:55	0.52	13:00	0.20
00:50	0.16	04:55	0.26	09:00	0.49	13:05	0.19
00:55	0.16	05:00	0.26	09:05	0.47	13:10	0.19
01:00	0.16	05:05	0.26	09:10	0.45	13:15	0.19
01:05	0.16	05:10	0.27	09:15	0.43	13:20	0.19
01:10	0.16	05:15	0.27	09:20	0.42	13:25	0.19
01:15	0.16	05:20	0.28	09:25	0.40	13:30	0.19
01:20	0.17	05:25	0.28	09:30	0.39	13:35	0.18
01:25	0.17	05:30	0.29	09:35	0.38	13:40	0.18
01:30	0.17	05:35	0.29	09:40	0.37	13:45	0.18
01:35	0.17	05:40	0.30	09:45	0.36	13:50	0.18
01:40	0.17	05:45	0.31	09:50	0.35	13:55	0.18
01:45	0.17	05:50	0.31	09:55	0.34	14:00	0.18
01:50	0.17	05:55	0.32	10:00	0.33	14:05	0.18
01:55	0.17	06:00	0.33	10:05	0.32	14:10	0.17
02:00	0.18	06:05	0.33	10:10	0.32	14:15	0.17
02:05	0.18	06:10	0.34	10:15	0.31	14:20	0.17
02:10	0.18	06:15	0.35	10:20	0.30	14:25	0.17
02:15	0.18	06:20	0.36	10:25	0.30	14:30	0.17
02:20	0.18	06:25	0.37	10:30	0.29	14:35	0.17
02:25	0.18	06:30	0.38	10:35	0.29	14:40	0.17
02:30	0.19	06:35	0.40	10:40	0.28	14:45	0.17
02:35	0.19	06:40	0.41	10:45	0.28	14:50	0.16
02:40	0.19	06:45	0.42	10:50	0.27	14:55	0.16
02:45	0.19	06:50	0.44	10:55	0.27	15:00	0.16
02:50	0.19	06:55	0.46	11:00	0.26	15:05	0.16
02:55	0.19	07:00	0.48	11:05	0.26	15:10	0.16
03:00	0.20	07:05	0.50	11:10	0.25	15:15	0.16
03:05	0.20	07:10	0.53	11:15	0.25	15:20	0.16
03:10	0.20	07:15	0.56	11:20	0.25	15:25	0.16
03:15	0.20	07:20	0.60	11:25	0.24	15:30	0.16
03:20	0.20	07:25	0.65	11:30	0.24	15:35	0.15
03:25	0.21	07:30	0.70	11:35	0.24	15:40	0.15
03:30	0.21	07:35	0.78	11:40	0.23	15:45	0.15
03:35	0.21	07:40	0.88	11:45	0.23	15:50	0.15
03:40	0.21	07:45	1.02	11:50	0.23	15:55	0.15
03:45	0.21	07:50	1.26	11:55	0.23	16:00	0.15
03:50	0.22	07:55	1.76	12:00	0.22		
03:55	0.22	08:00	6.77	12:05	0.22		
04:00	0.22	08:05	2.38	12:10	0.22		

HIDROGRAMA DE LA CUENCA DE CABECERA “CE-01” PARA UN Tr=25 AÑOS

Hora (h:min)	Caudal (l/s)						
00:00	0.0	05:35	0.0	11:10	166.1	16:45	7.2
00:05	0.0	05:40	0.0	11:15	164.5	16:50	4.7
00:10	0.0	05:45	0.0	11:20	163.1	16:55	3.0
00:15	0.0	05:50	0.0	11:25	161.7	17:00	2.0
00:20	0.0	05:55	0.0	11:30	160.5	17:05	1.2
00:25	0.0	06:00	0.0	11:35	159.2	17:10	0.8
00:30	0.0	06:05	0.0	11:40	157.9	17:15	0.5
00:35	0.0	06:10	0.0	11:45	156.7	17:20	0.3
00:40	0.0	06:15	0.0	11:50	155.4	17:25	0.1
00:45	0.0	06:20	0.0	11:55	154.0	17:30	0.0
00:50	0.0	06:25	0.0	12:00	152.7	17:35	0.0
00:55	0.0	06:30	0.0	12:05	151.3	17:40	0.0
01:00	0.0	06:35	0.0	12:10	149.8	17:45	0.0
01:05	0.0	06:40	0.0	12:15	148.6	17:50	0.0
01:10	0.0	06:45	0.0	12:20	147.6	17:55	0.0
01:15	0.0	06:50	0.0	12:25	146.5	18:00	0.0
01:20	0.0	06:55	0.0	12:30	145.3		
01:25	0.0	07:00	0.0	12:35	144.2		
01:30	0.0	07:05	0.0	12:40	143.5		
01:35	0.0	07:10	0.0	12:45	142.9		
01:40	0.0	07:15	0.0	12:50	142.2		
01:45	0.0	07:20	0.0	12:55	141.2		
01:50	0.0	07:25	0.0	13:00	140.1		
01:55	0.0	07:30	0.0	13:05	139.4		
02:00	0.0	07:35	0.0	13:10	138.8		
02:05	0.0	07:40	0.1	13:15	138.1		
02:10	0.0	07:45	1.1	13:20	137.0		
02:15	0.0	07:50	5.2	13:25	135.9		
02:20	0.0	07:55	17.1	13:30	135.1		
02:25	0.0	08:00	73.9	13:35	134.6		
02:30	0.0	08:05	199.9	13:40	134.3		
02:35	0.0	08:10	370.3	13:45	133.7		
02:40	0.0	08:15	489.8	13:50	132.6		
02:45	0.0	08:20	535.7	13:55	131.5		
02:50	0.0	08:25	521.1	14:00	130.7		
02:55	0.0	08:30	474.1	14:05	130.1		
03:00	0.0	08:35	430.3	14:10	130.0		
03:05	0.0	08:40	393.1	14:15	129.8		
03:10	0.0	08:45	361.5	14:20	129.3		
03:15	0.0	08:50	335.2	14:25	128.2		
03:20	0.0	08:55	313.4	14:30	127.1		
03:25	0.0	09:00	295.4	14:35	126.2		
03:30	0.0	09:05	280.3	14:40	125.6		
03:35	0.0	09:10	267.4	14:45	125.4		
03:40	0.0	09:15	256.4	14:50	125.4		
03:45	0.0	09:20	247.0	14:55	125.3		
03:50	0.0	09:25	238.9	15:00	124.8		
03:55	0.0	09:30	231.5	15:05	123.7		
04:00	0.0	09:35	225.1	15:10	122.6		
04:05	0.0	09:40	219.4	15:15	121.6		
04:10	0.0	09:45	214.2	15:20	121.0		
04:15	0.0	09:50	209.5	15:25	120.7		
04:20	0.0	09:55	205.3	15:30	120.7		
04:25	0.0	10:00	201.4	15:35	120.7		
04:30	0.0	10:05	197.6	15:40	120.6		
04:35	0.0	10:10	193.9	15:45	120.1		
04:40	0.0	10:15	190.6	15:50	119.0		
04:45	0.0	10:20	187.6	15:55	117.8		
04:50	0.0	10:25	184.8	16:00	116.8		
04:55	0.0	10:30	182.2	16:05	112.8		
05:00	0.0	10:35	179.8	16:10	101.5		
05:05	0.0	10:40	177.6	16:15	81.4		
05:10	0.0	10:45	175.6	16:20	59.1		
05:15	0.0	10:50	173.6	16:25	39.7		
05:20	0.0	10:55	171.7	16:30	25.6		
05:25	0.0	11:00	169.8	16:35	16.8		
05:30	0.0	11:05	167.9	16:40	11.1		

HIDROGRAMA DE LA CUENCA DE CABECERA “CE-02” PARA UN Tr=25 AÑOS

Hora (h:min)	Caudal (l/s)						
00:00	0.0	05:35	0.0	11:10	80.0	16:45	0.0
00:05	0.0	05:40	0.0	11:15	80.0	16:50	0.0
00:10	0.0	05:45	0.0	11:20	80.0	16:55	0.0
00:15	0.0	05:50	0.0	11:25	80.0	17:00	0.0
00:20	0.0	05:55	10.0	11:30	80.0	17:05	0.0
00:25	0.0	06:00	10.0	11:35	80.0	17:10	0.0
00:30	0.0	06:05	10.0	11:40	80.0	17:15	0.0
00:35	0.0	06:10	10.0	11:45	80.0	17:20	0.0
00:40	0.0	06:15	10.0	11:50	80.0	17:25	0.0
00:45	0.0	06:20	10.0	11:55	80.0	17:30	0.0
00:50	0.0	06:25	20.0	12:00	80.0	17:35	0.0
00:55	0.0	06:30	20.0	12:05	80.0	17:40	0.0
01:00	0.0	06:35	20.0	12:10	70.0	17:45	0.0
01:05	0.0	06:40	20.0	12:15	70.0	17:50	0.0
01:10	0.0	06:45	30.0	12:20	70.0	17:55	0.0
01:15	0.0	06:50	30.0	12:25	70.0	18:00	0.0
01:20	0.0	06:55	30.0	12:30	70.0		
01:25	0.0	07:00	40.0	12:35	70.0		
01:30	0.0	07:05	40.0	12:40	70.0		
01:35	0.0	07:10	40.0	12:45	70.0		
01:40	0.0	07:15	50.0	12:50	70.0		
01:45	0.0	07:20	60.0	12:55	70.0		
01:50	0.0	07:25	60.0	13:00	70.0		
01:55	0.0	07:30	70.0	13:05	70.0		
02:00	0.0	07:35	80.0	13:10	70.0		
02:05	0.0	07:40	90.0	13:15	70.0		
02:10	0.0	07:45	110.0	13:20	70.0		
02:15	0.0	07:50	130.0	13:25	70.0		
02:20	0.0	07:55	160.0	13:30	60.0		
02:25	0.0	08:00	300.0	13:35	60.0		
02:30	0.0	08:05	540.0	13:40	60.0		
02:35	0.0	08:10	650.0	13:45	60.0		
02:40	0.0	08:15	600.0	13:50	60.0		
02:45	0.0	08:20	470.0	13:55	60.0		
02:50	0.0	08:25	380.0	14:00	60.0		
02:55	0.0	08:30	310.0	14:05	60.0		
03:00	0.0	08:35	270.0	14:10	60.0		
03:05	0.0	08:40	230.0	14:15	60.0		
03:10	0.0	08:45	210.0	14:20	60.0		
03:15	0.0	08:50	190.0	14:25	60.0		
03:20	0.0	08:55	180.0	14:30	60.0		
03:25	0.0	09:00	160.0	14:35	60.0		
03:30	0.0	09:05	160.0	14:40	60.0		
03:35	0.0	09:10	150.0	14:45	60.0		
03:40	0.0	09:15	140.0	14:50	60.0		
03:45	0.0	09:20	140.0	14:55	60.0		
03:50	0.0	09:25	130.0	15:00	60.0		
03:55	0.0	09:30	130.0	15:05	60.0		
04:00	0.0	09:35	120.0	15:10	60.0		
04:05	0.0	09:40	120.0	15:15	60.0		
04:10	0.0	09:45	120.0	15:20	60.0		
04:15	0.0	09:50	110.0	15:25	60.0		
04:20	0.0	09:55	110.0	15:30	60.0		
04:25	0.0	10:00	110.0	15:35	60.0		
04:30	0.0	10:05	110.0	15:40	60.0		
04:35	0.0	10:10	100.0	15:45	60.0		
04:40	0.0	10:15	100.0	15:50	50.0		
04:45	0.0	10:20	100.0	15:55	50.0		
04:50	0.0	10:25	100.0	16:00	50.0		
04:55	0.0	10:30	100.0	16:05	50.0		
05:00	0.0	10:35	90.0	16:10	40.0		
05:05	0.0	10:40	90.0	16:15	20.0		
05:10	0.0	10:45	90.0	16:20	10.0		
05:15	0.0	10:50	90.0	16:25	10.0		
05:20	0.0	10:55	90.0	16:30	0.0		
05:25	0.0	11:00	90.0	16:35	0.0		
05:30	0.0	11:05	90.0	16:40	0.0		

HIDROGRAMA DE LA CUENCA DE CABECERA “CE-03” PARA UN Tr=25 AÑOS

Hora (h:min)	Caudal (l/s)						
00:00	0.0	05:35	0.0	11:10	53.4	16:45	0.6
00:05	0.0	05:40	0.0	11:15	53.0	16:50	0.3
00:10	0.0	05:45	0.0	11:20	52.6	16:55	0.2
00:15	0.0	05:50	0.0	11:25	52.0	17:00	0.1
00:20	0.0	05:55	0.0	11:30	51.4	17:05	0.0
00:25	0.0	06:00	0.0	11:35	50.8	17:10	0.0
00:30	0.0	06:05	0.0	11:40	50.5	17:15	0.0
00:35	0.0	06:10	0.0	11:45	50.3	17:20	0.0
00:40	0.0	06:15	0.0	11:50	50.0	17:25	0.0
00:45	0.0	06:20	0.0	11:55	49.6	17:30	0.0
00:50	0.0	06:25	0.0	12:00	49.2	17:35	0.0
00:55	0.0	06:30	0.0	12:05	48.7	17:40	0.0
01:00	0.0	06:35	0.0	12:10	48.2	17:45	0.0
01:05	0.0	06:40	0.0	12:15	47.9	17:50	0.0
01:10	0.0	06:45	0.0	12:20	47.7	17:55	0.0
01:15	0.0	06:50	0.0	12:25	47.3	18:00	0.0
01:20	0.0	06:55	0.0	12:30	46.9		
01:25	0.0	07:00	0.0	12:35	46.6		
01:30	0.0	07:05	0.0	12:40	46.4		
01:35	0.0	07:10	0.0	12:45	45.9		
01:40	0.0	07:15	0.0	12:50	45.5		
01:45	0.0	07:20	0.0	12:55	45.1		
01:50	0.0	07:25	0.0	13:00	45.0		
01:55	0.0	07:30	0.0	13:05	45.0		
02:00	0.0	07:35	0.0	13:10	45.0		
02:05	0.0	07:40	0.0	13:15	44.6		
02:10	0.0	07:45	0.7	13:20	44.2		
02:15	0.0	07:50	3.4	13:25	43.8		
02:20	0.0	07:55	10.6	13:30	43.7		
02:25	0.0	08:00	47.1	13:35	43.7		
02:30	0.0	08:05	127.9	13:40	43.7		
02:35	0.0	08:10	189.7	13:45	43.3		
02:40	0.0	08:15	204.1	13:50	42.8		
02:45	0.0	08:20	182.6	13:55	42.4		
02:50	0.0	08:25	159.5	14:00	42.3		
02:55	0.0	08:30	140.5	14:05	42.3		
03:00	0.0	08:35	125.7	14:10	42.2		
03:05	0.0	08:40	114.3	14:15	41.8		
03:10	0.0	08:45	105.5	14:20	41.3		
03:15	0.0	08:50	98.5	14:25	40.9		
03:20	0.0	08:55	92.9	14:30	40.7		
03:25	0.0	09:00	88.2	14:35	40.7		
03:30	0.0	09:05	84.2	14:40	40.7		
03:35	0.0	09:10	80.8	14:45	40.8		
03:40	0.0	09:15	78.0	14:50	40.9		
03:45	0.0	09:20	75.6	14:55	40.8		
03:50	0.0	09:25	73.6	15:00	40.4		
03:55	0.0	09:30	71.7	15:05	39.9		
04:00	0.0	09:35	70.0	15:10	39.5		
04:05	0.0	09:40	68.6	15:15	39.3		
04:10	0.0	09:45	67.4	15:20	39.3		
04:15	0.0	09:50	66.2	15:25	39.3		
04:20	0.0	09:55	65.1	15:30	39.3		
04:25	0.0	10:00	63.9	15:35	39.4		
04:30	0.0	10:05	62.7	15:40	39.3		
04:35	0.0	10:10	61.6	15:45	38.9		
04:40	0.0	10:15	60.7	15:50	38.3		
04:45	0.0	10:20	59.9	15:55	37.9		
04:50	0.0	10:25	59.1	16:00	37.7		
04:55	0.0	10:30	58.3	16:05	35.3		
05:00	0.0	10:35	57.6	16:10	27.5		
05:05	0.0	10:40	57.0	16:15	17.7		
05:10	0.0	10:45	56.4	16:20	10.0		
05:15	0.0	10:50	55.8	16:25	5.7		
05:20	0.0	10:55	55.2	16:30	3.2		
05:25	0.0	11:00	54.6	16:35	1.8		
05:30	0.0	11:05	53.9	16:40	1.0		

ANEXO I

Metrados

METRADO: MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA POZOS DE VISITA

Pozo de Visita	Progre. (Km)	H (m)	DE (m)	Vol. (m³)	Excavación de Pozos de Visita con Maquinaria en Terreno Semi Rocosos								
					Tipo I H=1.51- 2.00m	Tipo I H=2.01- 2.50m	Tipo I H=2.51- 3.00m	Tipo II H=1.51- 2.00m	Tipo II H=2.01- 2.50m	Tipo II H=2.51- 3.00m	Tipo II H=3.51- 4.00m	Caida H=3.01- 3.50m	Caida H=3.51- 4.00m
Barranco													
NEV01-01	0+000.0	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV01-02	0+069.6	2.70	1.80	6.87			6.87						
NEV01-03	0+143.7	2.20	1.80	5.60		5.60							
NEV01-04	0+212.5	2.70	1.80	6.87			6.87						
NEV01-05	0+324.1	3.70	5.12	18.94								18.94	
NEV01-06	0+414.3	2.60	2.10	9.01						9.01			
Total (m³) =				53.14	0.00	11.45	13.74	0.00	0.00	9.01	0.00	0.00	18.94
Blondel													
NEV02-01	0+000.0	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV02-02	0+068.0	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV02-03	0+137.5	2.10	1.80	5.34		5.34							
NEV02-04	0+265.5	2.50	2.10	8.66				8.66					
NEV02-05	0+336.7	1.70	2.10	5.89			5.89						
Total (m³) =				31.60	0.00	17.05	0.00	5.89	8.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Leoncio													
NEV03-01	0+000.0	2.10	1.80	5.34		5.34							
NEV03-02	0+069.8	2.40	1.80	6.11		6.11							
NEV03-03	0+152.2	2.30	1.80	5.85		5.85							
Total (m³) =				17.30	0.00	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Torre 1													
NEV04-01	0+000.0	1.50	1.80	3.82	3.82								
NEV04-02	0+069.7	1.50	1.80	3.82	3.82								
Total (m³) =				7.63	7.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Silva													
NEV05-01	0+000.0	2.20	1.80	5.60		5.60							
NEV05-02	0+067.0	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV05-03	0+135.3	2.70	2.10	9.35					9.35				
NEV05-04	0+203.4	2.90	2.10	10.04					10.04				
NEV05-05	0+272.2	2.90	2.10	10.04					10.04				
NEV05-06	0+345.9	2.50	1.80	6.36		4.42							
Total (m³) =				47.25	0.00	15.87	0.00	0.00	0.00	29.44	0.00	0.00	0.00
Bernal													
NEV06-01	0+000.0	2.00	1.80	5.09	5.09								
NEV06-02	0+063.8	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV06-03	0+134.4	2.00	1.80	5.09	5.09								
NEV06-04	0+199.4	1.50	1.80	3.82	3.82								
Total (m³) =				19.85	14.00	5.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Torre 2													
NEV07-01	0+000.0	2.30	1.80	5.85		5.85							
NEV07-02	0+067.5	2.10	1.80	5.34		5.34							
NEV07-03	0+136.1	2.90	2.10	10.04					10.04				
NEV07-04	0+202.4	3.00	2.10	10.39					10.39				
NEV07-05	0+269.9	2.70	2.10	9.35					9.35				
NEV07-06	0+339.9	2.20	2.10	7.62				7.62					
Total (m³) =				48.60	0.00	11.20	0.00	0.00	7.62	29.79	0.00	0.00	0.00
Bolognesi													
NEV08-01	0+000.0	2.40	2.10	8.31				8.31					
NEV08-02	0+068.8	2.70	2.10	9.35					9.35				
NEV08-03	0+135.3	3.00	2.10	10.39					10.39				
NEV08-04	0+205.0	3.60	2.10	12.47						12.47			
NEV08-05	0+272.3	3.70	2.10	12.82						12.82			
CEV08-01	0+339.6	3.80	5.12	19.46								19.46	
CEV08-02	0+388.7	3.30	5.12	16.90								16.90	
CEV08-03	0+437.9	3.30	5.12	16.90								16.90	
CEV08-04	0+471.1	3.30	5.12	16.90								16.90	
Total (m³) =				123.48	0.00	0.00	0.00	0.00	8.31	19.74	25.28	50.69	19.46
TOTAL (m³) =				348.87	21.63	78.72	13.74	5.89	24.59	87.98	25.28	50.69	38.40

METRADO: MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

Estructura de Captación	Calle	Canal Estándar				Arqueta Estándar				Albañal Estándar			
		Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Vol. (m3)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Vol. (m3)	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Vol. (m3)
Barranco													
OEV01-01	Jr. Arias	1.00	5.30	0.80	4.24	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV01-02	Jr. Portugal	1.00	5.30	0.80	4.24	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV01-03	Jr. Lara	1.00	6.15	0.80	4.92	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV01-04	Jr. Cáceres	1.00	6.00	0.80	4.80	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV01-05	Jr. S. Martín	1.00	8.30	0.80	6.64	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
Total (m³) = 24.84					Total (m³) = 9.50					Total (m³) = 39.00			
Blondel													
OEV02-01	Jr. Portugal	1.00	5.30	0.80	4.24	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.60	1.50	7.02
OEV02-02	Jr. Lara	1.00	4.55	0.80	3.64	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.70	1.50	7.22
OEV02-03	Jr. Cáceres	1.00	5.20	0.80	4.16	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.70	1.50	9.17
OEV02-04	Jr. S. Martín	1.00	6.20	0.80	4.96	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
Total (m³) = 17.00					Total (m³) = 7.60					Total (m³) = 31.20			
Leoncio													
OEV03-01	Jr. Cáceres	1.00	4.95	0.80	3.96	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV03-02	Jr. J. Gálvez	1.00	6.30	0.80	5.04	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.50	1.50	8.78
OEV03-03	Jr. S. Martín	1.00	6.20	0.80	4.96	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
Total (m³) = 13.96					Total (m³) = 5.70					Total (m³) = 24.38			
La Torre 1													
OEV04-01	Jr. A. Ugarte	1.00	5.20	0.80	4.16	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.60	1.50	7.02
OEV04-02	Jr. Arias	1.00	4.35	0.80	3.48	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	2.30	1.50	4.49
Total (m³) = 7.64					Total (m³) = 3.80					Total (m³) = 11.51			
Silva													
OEV05-01	Jr. Calderón	1.00	4.35	0.80	3.48	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	2.60	1.50	5.07
OEV05-02	Jr. A. Ugarte	1.00	4.50	0.80	3.60	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	2.60	1.50	5.07
OEV05-03	Jr. Arias	1.00	4.00	0.80	3.20	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.50	1.50	8.78
OEV05-04	Jr. Portugal	1.00	4.10	0.80	3.28	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.70	1.50	7.22
OEV05-05	Jr. Lara	1.00	7.45	0.80	5.96	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.50	1.50	8.78
OEV05-06	Jr. Cáceres	1.00	7.75	0.80	6.20	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
Total (m³) = 25.72					Total (m³) = 11.40					Total (m³) = 42.71			
Bernal													
OEV06-01	Jr. J. Sabogal	1.00	3.10	0.80	2.48	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.80	1.50	9.36
OEV06-02	Jr. Cárdenas	1.00	3.70	0.80	2.96	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	5.50	1.50	10.73
OEV06-03	Jr. Suarez	1.00	6.40	0.80	5.12	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.80	1.50	9.36
OEV06-04	Jr. Odonovan	1.00	7.50	0.80	6.00	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	5.50	1.50	10.73
Total (m³) = 16.56					Total (m³) = 7.60					Total (m³) = 40.17			
La Torre 2													
OEV07-01	Jr. L. Prado	1.00	5.30	0.80	4.24	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.90	1.50	7.61
OEV07-02	Jr. J. Sabogal	1.00	4.65	0.80	3.72	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	1.90	1.50	3.71
OEV07-03	Jr. Cárdenas	1.00	4.60	0.80	3.68	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.30	1.50	6.44
OEV07-04	Jr. Suarez	1.00	4.10	0.80	3.28	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	2.50	1.50	4.88
OEV07-05	Jr. Odonovan	1.00	6.30	0.80	5.04	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.00	1.50	7.80
OEV07-06	Jr. Zavala	1.00	4.30	0.80	3.44	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.50	1.50	6.83
Total (m³) = 23.40					Total (m³) = 11.40					Total (m³) = 37.25			
Bolognesi													
OEV08-01	Jr. J. Sabogal	1.00	4.05	0.80	3.24	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	2.80	1.50	5.46
OEV08-02	Jr. Cárdenas	1.00	4.25	0.80	3.40	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.80	1.50	7.41
OEV08-03	Jr. Suarez	1.00	4.80	0.80	3.84	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	3.80	1.50	7.41
OEV08-04	Jr. Odonovan	1.00	5.10	0.80	4.08	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	6.30	1.50	12.29
OEV08-05	Jr. Zavala	1.00	4.50	0.80	3.60	1.00	1.00	1.90	1.90	1.30	4.20	1.50	8.19
Total (m³) = 18.16					Total (m³) = 9.50					Total (m³) = 40.76			
TOTAL (m³) = 147.28					TOTAL (m³) = 66.50					TOTAL (m³) = 266.96			

METRADO: MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA TUBERÍAS

Calle / Tramo	H1 (m) PP	H2 (m) LL	H Med. (m)	DI (mm)	Ancho de Zanja (m)	Long. de Zanja (m)	Excavación de Zanja con Maquinaria en Terreno Semi Rocoso							
							A=1.30m H=1.51-2.00m	A=1.30m H=2.01-2.50m	A=1.60m H=1.51-2.00m	A=1.60m H=2.01-2.50m	A=1.60m H=2.51-3.00m	A=1.60m H=3.01-3.50m	A=1.60m H=3.51-4.00m	
Barranco														
TEV01-01	2.3	2.7	2.5	0.6	1.3	69.6		69.6						
TEV01-02	2.7	2.2	2.45	0.6	1.3	74.1		74.1						
TEV01-03	2.2	2.2	2.2	0.6	1.3	68.8		68.8						
TEV01-04	2.7	2.2	2.45	0.6	1.3	111.7		111.7						
TEV01-05	3.7	2.1	2.9	0.8	1.6	90.2				90.2				
TEV01-06	2.6	1.8	2.2	0.8	1.6	70.0				70.0				
Total (m) =						484.3	0.0	324.1	0.0	70.0	90.2	0.0	0.0	
Blondel														
TEV02-01	2.3	2.3	2.3	0.5	1.3	68.0		68.0						
TEV02-02	2.3	2.1	2.2	0.5	1.3	69.5		69.5						
TEV02-03	2.1	2.3	2.2	0.5	1.3	128.0		128.0						
TEV02-04	2.5	1.7	2.1	0.7	1.6	71.2				71.2				
TEV02-05	1.7	1.7	1.7	0.7	1.6	53.5			53.5					
Total (m) =						390.2	0.0	265.5	53.5	71.2	0.0	0.0	0.0	
Leoncio														
TEV03-01	2.1	2.4	2.25	0.6	1.3	69.8		69.8						
TEV03-02	2.4	2.3	2.35	0.6	1.3	82.4		82.4						
TEV03-03	2.3	1.6	1.95	0.6	1.3	131.1	131.1							
Total (m) =						283.3	131.1	152.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
La Torre 1														
TEV04-01	1.5	1.5	1.5	0.5	1.3	69.7	69.7							
TEV04-02	1.5	1.5	1.5	0.5	1.3	44.7	44.7							
Total (m) =						114.4	114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Silva														
TEV05-01	2.2	2.3	2.25	0.5	1.3	67.0		67.0						
TEV05-02	2.3	2.5	2.4	0.5	1.3	68.3		68.3						
TEV05-03	2.7	2.9	2.8	0.7	1.6	68.1				68.1				
TEV05-04	2.9	2.4	2.65	0.7	1.6	68.8				68.8				
TEV05-05	2.9	2	2.45	0.6	1.3	73.7		73.7						
TEV05-06	2.5	1.6	2.05	0.6	1.3	79.2		79.2						
Total (m) =						425.2	0.0	288.2	0.0	0.0	136.9	0.0	0.0	
Bernal														
TEV06-01	2	2.3	2.15	0.5	1.3	63.8		63.8						
TEV06-02	2.3	2	2.15	0.5	1.3	70.5		70.5						
TEV06-03	2	1.5	1.75	0.5	1.3	65.0	65.0							
TEV06-04	1.5	1.5	1.5	0.5	1.3	43.5	43.5							
Total (m) =						242.8	108.5	134.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
La Torre 2														
TEV07-01	2.3	2.1	2.2	0.6	1.3	67.5		67.5						
TEV07-02	2.1	2.7	2.4	0.6	1.3	68.6		68.6						
TEV07-03	2.9	3	2.95	0.8	1.6	66.3				66.3				
TEV07-04	3	2.7	2.85	0.8	1.6	67.4				67.4				
TEV07-05	2.7	2.2	2.45	0.8	1.6	70.1				70.1				
TEV07-06	2.2	1.8	2	0.8	1.6	101.6			101.6					
Total (m) =						441.5	0.0	136.1	101.6	70.1	133.8	0.0	0.0	
Bolognesi														
TEV08-01	2.4	2.7	2.55	0.8	1.6	68.8				68.8				
TEV08-02	2.7	3	2.85	0.8	1.6	66.5				66.5				
TEV08-03	3	3.6	3.3	0.8	1.6	69.7					69.7			
TEV08-04	3.6	3.7	3.65	0.8	1.6	67.3							67.3	
TEV08-05	3.7	2.3	3	0.8	1.6	67.3				67.3				
TEV08-06	3.8	1.8	2.8	0.8	1.6	49.2				49.2				
TEV08-07	3.3	1.8	2.55	0.8	1.6	49.2				49.2				
TEV08-08	3.3	1.8	2.55	0.8	1.6	33.2				33.2				
TEV08-09	3.3	1.8	2.55	0.8	1.6	33.2				33.2				
Total (m) =						504.4	0.0	0.0	0.0	0.0	367.4	69.7	67.3	
TOTAL (m) =						2886.1	354.0	1300.5	155.0	211.3	728.3	69.7	67.3	

METRADO: REFINE Y NIVELACIÓN DE POZOS

Geometría	Pozo		
	Tipo I	Tipo II	Caída
Diámetro (m) =	1.80	2.10	-
Ancho (m) =	-	-	1.60
Largo (m) =	-	-	3.20
Área de Refine y Nivelación (m ²) =	1.77	2.54	5.12

Red de Drenaje Pluvial	Número de Pozos			Refine y Nivelación de Pozo (m ²)		
	Tipo I	Tipo II	Caída	Tipo I	Tipo II	Caída
Barranco	4	1	1	10.18	3.46	5.12
Blondel	3	2	0	7.63	6.93	0.00
Leoncio	3	0	0	7.63	0.00	0.00
La Torre 1	2	0	0	5.09	0.00	0.00
Silva	3	3	0	7.63	10.39	0.00
Bernal	4	0	0	10.18	0.00	0.00
La Torre 2	2	4	0	5.09	13.85	0.00
Bolognesi	0	5	4	0.00	17.32	20.48
TOTAL =	21	15	5	53.44	51.95	25.60

METRADO: REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS

Red de Drenaje Pluvial	Longitud (m)		Refine y Nivelación de Zanja (m ²)	
	A=1.30m	A=1.60m	A=1.30m	A=1.60m
Barranco	324.1	160.2	421.33	256.32
Blondel	265.5	124.7	345.15	199.52
Leoncio	283.3	0.0	368.29	0.00
La Torre 1	114.4	0.0	148.72	0.00
Silva	288.2	136.9	374.66	219.04
Bernal	242.9	0.0	315.77	0.00
La Torre 2	136.1	305.5	176.93	488.80
Bolognesi	0.0	504.4	0.00	807.04
TOTAL =	1654.5	1231.7	2150.85	1970.72

METRADO: REFINE Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

Estructura de Captación	Calle	Canal Estándar			Arqueta Estándar			Albañal Estándar				
		Ancho (m)	Largo (m)	Vol. (m ³)	Ancho (m)	Largo (m)	Vol. (m ³)	Ancho (m)	Largo (m)	Vol. (m ³)		
Barranco												
OEV01-01	Jr. Arias	1.00	5.30	5.30	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV01-02	Jr. Portugal	1.00	5.30	5.30	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV01-03	Jr. Lara	1.00	6.15	6.15	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV01-04	Jr. Cáceres	1.00	6.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV01-05	Jr. S. Martín	1.00	8.30	8.30	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
Total (m²) =				31.05	Total (m²) =			5.00	Total (m²) =			26.00
Blondel												
OEV02-01	Jr. Portugal	1.00	5.30	5.30	1.00	1.00	1.00	1.30	3.60	4.68		
OEV02-02	Jr. Lara	1.00	4.55	4.55	1.00	1.00	1.00	1.30	3.70	4.81		
OEV02-03	Jr. Cáceres	1.00	5.20	5.20	1.00	1.00	1.00	1.30	4.70	6.11		
OEV02-04	Jr. S. Martín	1.00	6.20	6.20	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
Total (m²) =				21.25	Total (m²) =			4.00	Total (m²) =			20.80
Leoncio												
OEV03-01	Jr. Cáceres	1.00	4.95	4.95	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV03-02	Jr. J. Gálvez	1.00	6.30	6.30	1.00	1.00	1.00	1.30	4.50	5.85		
OEV03-03	Jr. S. Martín	1.00	6.20	6.20	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
Total (m²) =				17.45	Total (m²) =			3.00	Total (m²) =			16.25
La Torre 1												
OEV04-01	Jr. A. Ugarte	1.00	5.20	5.20	1.00	1.00	1.00	1.30	3.60	4.68		
OEV04-02	Jr. Arias	1.00	4.35	4.35	1.00	1.00	1.00	1.30	2.30	2.99		
Total (m²) =				9.55	Total (m²) =			2.00	Total (m²) =			7.67
Silva												
OEV05-01	Jr. Calderón	1.00	4.35	4.35	1.00	1.00	1.00	1.30	2.60	3.38		
OEV05-02	Jr. A. Ugarte	1.00	4.50	4.50	1.00	1.00	1.00	1.30	2.60	3.38		
OEV05-03	Jr. Arias	1.00	4.00	4.00	1.00	1.00	1.00	1.30	4.50	5.85		
OEV05-04	Jr. Portugal	1.00	4.10	4.10	1.00	1.00	1.00	1.30	3.70	4.81		
OEV05-05	Jr. Lara	1.00	7.45	7.45	1.00	1.00	1.00	1.30	4.50	5.85		
OEV05-06	Jr. Cáceres	1.00	7.75	7.75	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
Total (m²) =				32.15	Total (m²) =			6.00	Total (m²) =			28.47
Bernal												
OEV06-01	Jr. J. Sabogal	1.00	3.10	3.10	1.00	1.00	1.00	1.30	4.80	6.24		
OEV06-02	Jr. Cárdenas	1.00	3.70	3.70	1.00	1.00	1.00	1.30	5.50	7.15		
OEV06-03	Jr. Suarez	1.00	6.40	6.40	1.00	1.00	1.00	1.30	4.80	6.24		
OEV06-04	Jr. Odonovan	1.00	7.50	7.50	1.00	1.00	1.00	1.30	5.50	7.15		
Total (m²) =				20.70	Total (m²) =			4.00	Total (m²) =			26.78
La Torre 2												
OEV07-01	Jr. L. Prado	1.00	5.30	5.30	1.00	1.00	1.00	1.30	3.90	5.07		
OEV07-02	Jr. J. Sabogal	1.00	4.65	4.65	1.00	1.00	1.00	1.30	1.90	2.47		
OEV07-03	Jr. Cárdenas	1.00	4.60	4.60	1.00	1.00	1.00	1.30	3.30	4.29		
OEV07-04	Jr. Suarez	1.00	4.10	4.10	1.00	1.00	1.00	1.30	2.50	3.25		
OEV07-05	Jr. Odonovan	1.00	6.30	6.30	1.00	1.00	1.00	1.30	4.00	5.20		
OEV07-06	Jr. Zavala	1.00	4.30	4.30	1.00	1.00	1.00	1.30	3.50	4.55		
Total (m²) =				29.25	Total (m²) =			6.00	Total (m²) =			24.83
Bolognesi												
OEV08-01	Jr. J. Sabogal	1.00	4.05	4.05	1.00	1.00	1.00	1.30	2.80	3.64		
OEV08-02	Jr. Cárdenas	1.00	4.25	4.25	1.00	1.00	1.00	1.30	3.80	4.94		
OEV08-03	Jr. Suarez	1.00	4.80	4.80	1.00	1.00	1.00	1.30	3.80	4.94		
OEV08-04	Jr. Odonovan	1.00	5.10	5.10	1.00	1.00	1.00	1.30	6.30	8.19		
OEV08-05	Jr. Zavala	1.00	4.50	4.50	1.00	1.00	1.00	1.30	4.20	5.46		
Total (m²) =				22.70	Total (m²) =			5.00	Total (m²) =			27.17
TOTAL (m²) =				184.10	TOTAL (m²) =			35.00	TOTAL (m²) =			177.97

METRADO: ENTIBADO DE MADERA EN POZOS DE VISITA Y ZANJAS PARA TUBERÍAS

Red de Drenaje Pluvial	Entibado de Madera (m ²)	
	Pozos	Zanjas
Barranco	147.63	2392.00
Blondel	69.08	1662.60
Leoncio	40.72	1212.80
La Torre 1	21.49	343.30
Silva	98.11	2061.50
Bernal	45.80	935.70
La Torre 2	100.37	2151.60
Bolognesi	342.81	2949.80
TOTAL =	866.01	13709.30

METRADO: LONGITUD DE TUBERÍAS

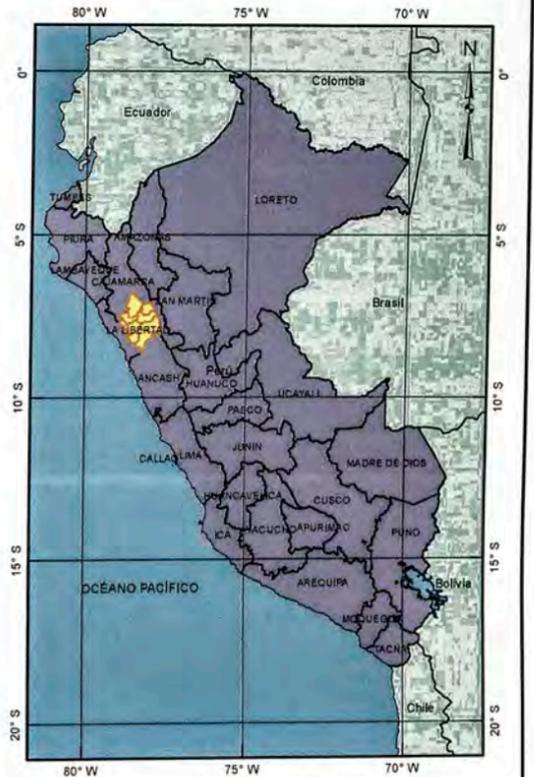
Red de Drenaje Pluvial	Longitud de Tuberías (m)			
	DI = 500 mm	DI = 600 mm	DI = 700 mm	DI = 800 mm
Barranco		324.10		160.10
Blondel	265.50		124.70	
Leoncio		283.30		
La Torre 1	114.40			
Silva	135.30	153.00	136.90	
Bernal	242.80			
La Torre 2		136.10		305.40
Bolognesi				504.20
TOTAL =	758.00	896.50	261.60	969.70

METRADO: CANTIDAD DE ESTRUCTURAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Red de Drenaje Pluvial	Número de Pozos de Visita									N° de Estructuras de Captación	N° de Estructuras de Vertido			
	Tipo I H=1.51- 2.00m	Tipo I H=2.01- 2.50m	Tipo I H=2.51- 3.00m	Tipo II H=1.51- 2.00m	Tipo II H=2.01- 2.50m	Tipo II H=2.51- 3.00m	Tipo II H=3.51- 4.00m	Caida H=3.01- 3.50m	Caida H=3.51- 4.00m		DI=500 mm	DI=600 mm	DI=700 mm	DI=800 mm
Barranco		2	2			1			1	5				1
Blondel		3		1	1					4			1	
Leoncio		3								3		1		
La Torre 1	2									2	1			
Silva		3				3				6		1		
Bernal	3	1								4	1			
La Torre 2		2			1	3				6				1
Bolognesi					1	2	2	3	1	5				1
TOTAL =	5	14	2	1	3	9	2	3	2	35	2	2	1	3

ANEXO J

Planos



UBICACIÓN
1:25,000,000

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

- Vertiente del Atlántico
- Vertiente del Pacífico

CUADRO DE GEOREFERENCIACIÓN

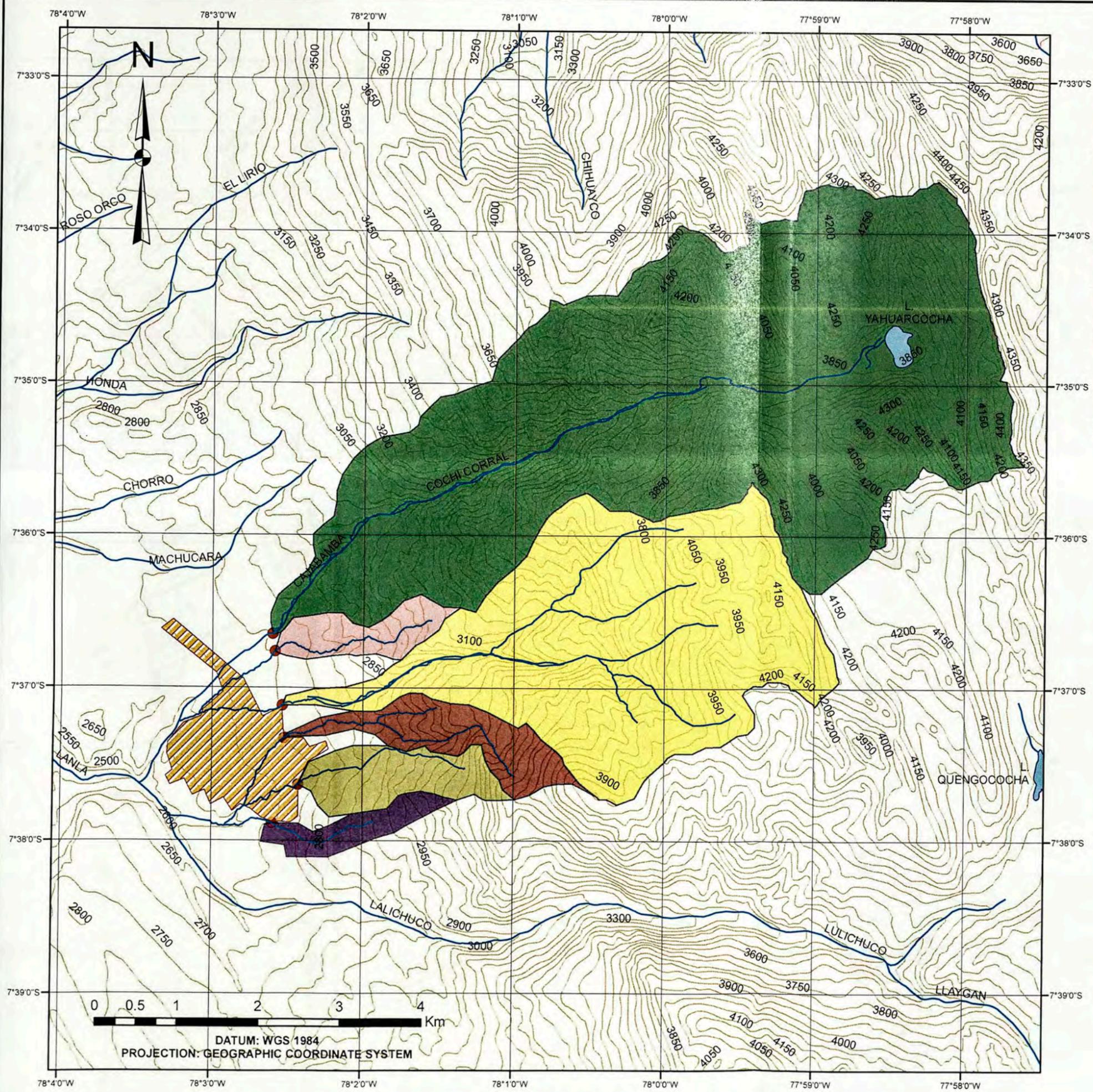
Estación Meteorológica	Dpto.	Altitud (msnm)	Latitud (S)	Longitud (W)
1. San Marcos	Cajamarca	2190	7°19'21"	78°10'21"
2. Jesús	Cajamarca	2495	7°14'44"	78°23'18"
3. Cajabamba	Cajamarca	2612	7°37'18"	78°03'04"
4. Augusto Weberbauer	Cajamarca	2660	7°10'03"	78°29'35"
5. La Encañada	Cajamarca	2980	7°07'23"	78°19'58"
6. Cachachi	Cajamarca	3200	7°27'03"	78°16'07"
7. Huamachuco	La Libertad	3290	7°49'09"	78°02'24"
8. Mollepata	La Libertad	2580	8°11'30"	77°57'15"
9. Cachicadan	La Libertad	2890	8°05'30"	78°08'58"
10. Julcan	La Libertad	3170	8°02'33"	78°29'09"
11. Salpo	La Libertad	3250	8°00'01"	78°37'01"
12. Granja Porcon	Cajamarca	3261	7°02'15"	78°37'45"
13. Huangacocha	La Libertad	3595	7°56'14"	78°40'06"
14. Quiruvilca	La Libertad	3980	8°00'15"	78°18'28"
15. Huacamarcanga	La Libertad	4000	8°07'17"	78°17'35"

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: **UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS** PLANO N°: **PL-01**

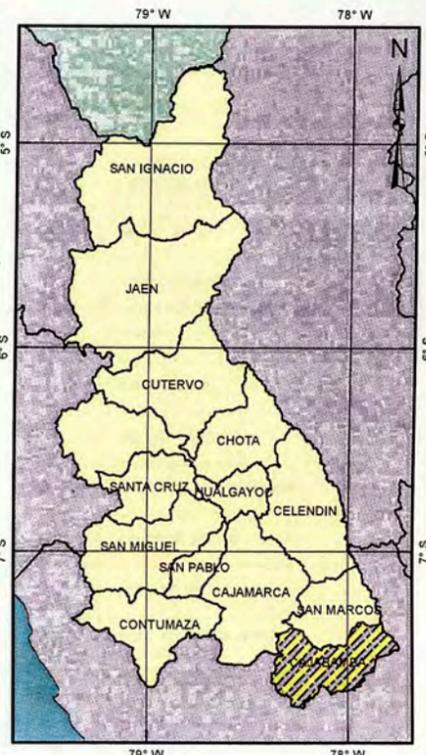
DIBUJO: L.Y.G. ELABORO: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: OCT 2017 ESCALA: 1:500,000



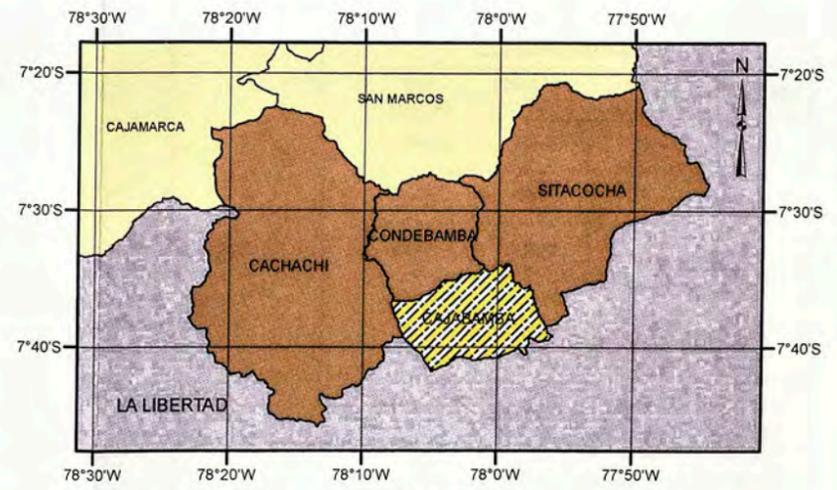
CUENCAS HIDROGRÁFICAS
1:50,000



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
1:25,000,000



UBICACIÓN PROVINCIAL
1:4,000,000



UBICACIÓN DISTRITAL
1:1,000,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: **UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS** PLANO N°: **PL-02**

DBUJO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: OCT 2017 ESCALA: INDICADA



LEYENDA	
	CURVA DE NIVEL
	CAUCE PRINCIPAL
	CAUCE DE CONDUCTO CERRADO
	TRAZA URBANA
	SENTIDO DE FLUJO
	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN
	COLECTOR DE PVC
	POZO DE VISITA COMÚN
	POZO CON CAÍDA DIRECTA DE 0.50 m
	POZO CON CAÍDA CON PLANTILLA DEFLECTORA DE 1.50 m
	ESTRUCTURA DE VERTIDO

CUADRO DE RESUMEN			
RED PLUVIAL	LONGITUD (m)	N° ESTR. CAPTACIÓN	N° POZOS
BARRANCO	484,20	5	6
BLONDEL	390,20	4	5
LEONCIO	283,30	3	3
LA TORRE 1	114,40	2	2
SILVA	425,20	6	6
BERNAL	242,80	4	4
LA TORRE 2	441,50	6	6
BOLOGNESI	504,20	5	9

NOTAS :
 1.- LAS COTAS DE LAS CURVAS DE NIVEL ESTÁN EN METROS.

1:5 000 0 50 100 150 200 250 m

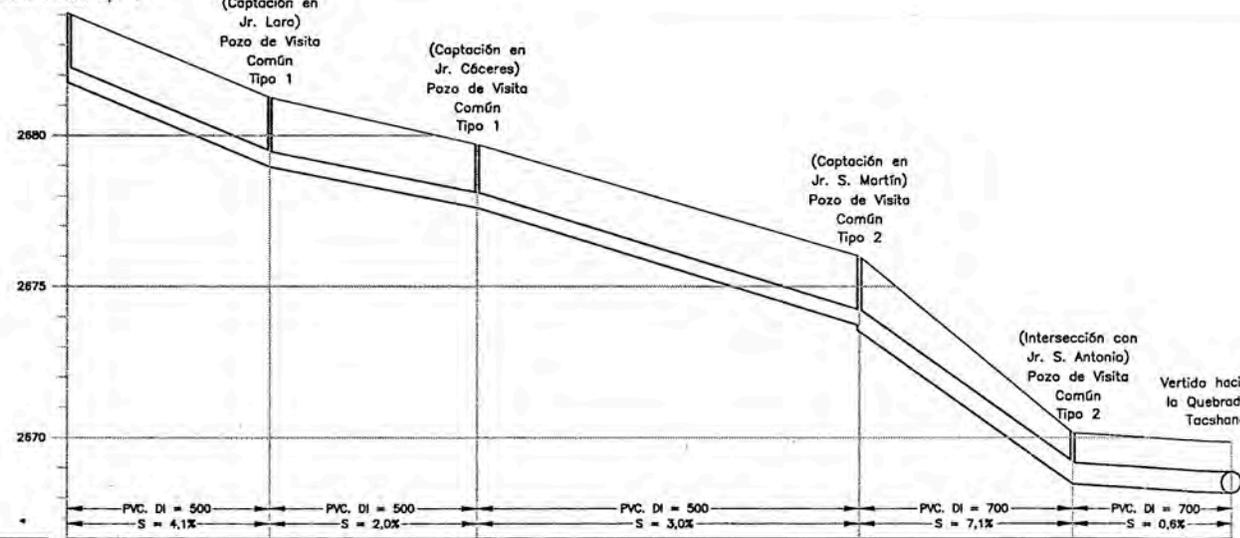
ESCALA GRÁFICA
 DATUM: WGS84, ZONE 17 S
 PROJECTION: UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL - PLANTA GENERAL	PLANO N°: PL-03
DIBUJÓ: L.Y.G.	ELABORÓ: L.Y.G.
REVISÓ: M.S.D.	FECHA: DIC 2017
ESCALA: 1:5 000	

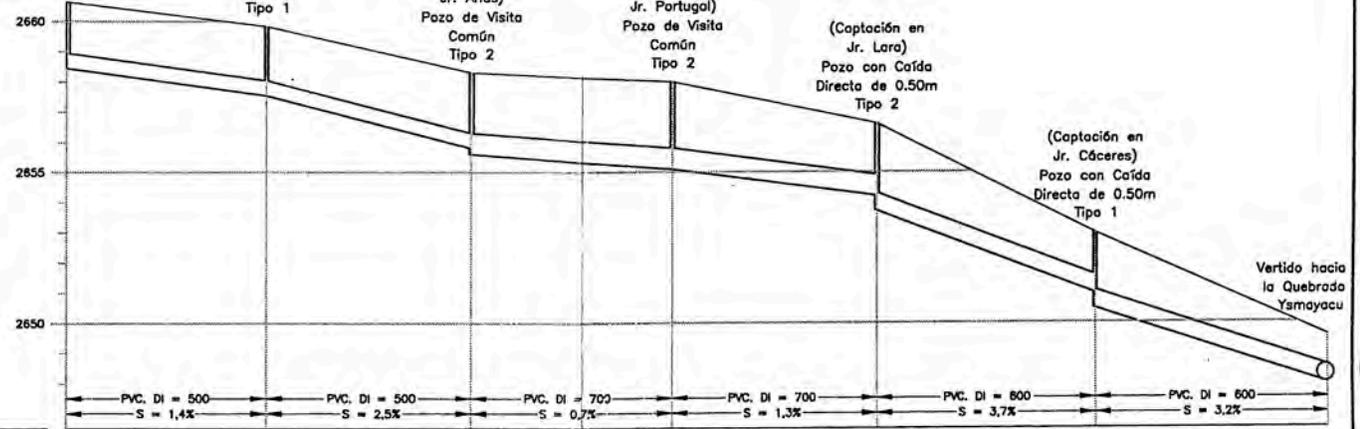
(Captación en Jr. Portugal)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)		2,30	2,30	2,10	2,50	1,70	1,70
Cotas (m)	Terreno	2681,75	2681,25	2679,68	2676,00	2670,15	2669,84
	Rasante	2681,75	2678,95	2677,60	2673,50	2668,45	2668,15
Distancias (m)	A Origen	0,00	68,00	137,50	265,50	338,70	390,20
	Parciales	0,00	68,00	69,50	128,00	71,20	53,50

PERFIL RED PLUVIAL BLONDEL
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

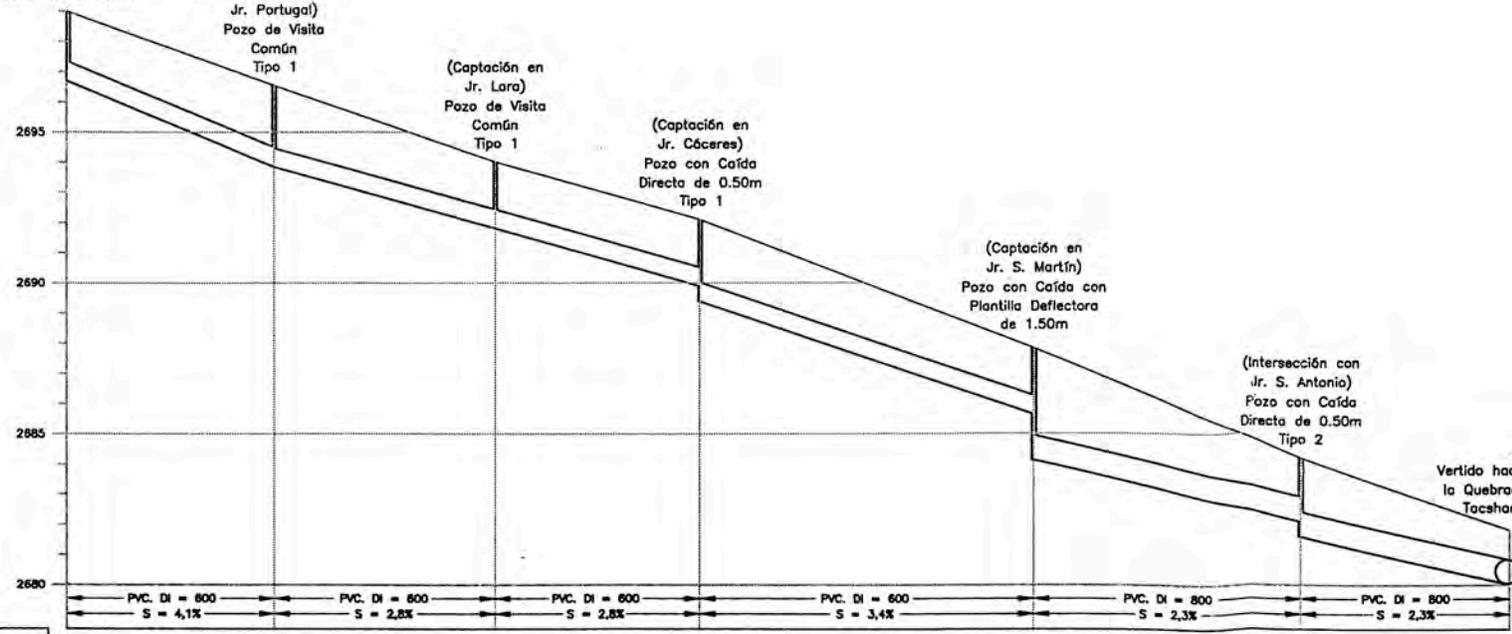
(Captación en Jr. Calderón)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)		2,20	2,30	2,70	2,90	2,90	2,50	1,60
Cotas (m)	Terreno	2658,45	2659,83	2658,29	2657,99	2656,60	2652,96	2649,55
	Rasante	2658,45	2657,55	2655,60	2655,10	2653,70	2652,96	2647,85
Distancias (m)	A Origen	0,00	67,00	135,30	203,40	272,20	345,90	425,20
	Parciales	0,00	67,00	68,30	68,10	68,80	73,70	79,20

PERFIL RED PLUVIAL SILVA
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

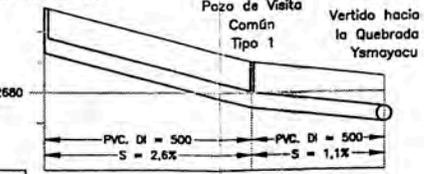
(Captación en Jr. Arias)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)		2,30	2,70	2,20	2,70	3,70	2,60	1,80
Cotas (m)	Terreno	2696,70	2696,00	2694,00	2692,00	2687,82	2684,15	2681,80
	Rasante	2696,70	2693,85	2691,80	2689,40	2684,10	2681,60	2680,00
Distancias (m)	A Origen	0,00	68,60	143,70	212,50	324,10	411,30	464,30
	Parciales	0,00	68,60	74,10	68,80	111,70	90,20	70,00

PERFIL RED PLUVIAL BARRANCO
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

(Captación en Jr. A. Ugarte)
Pozo de Visita Común Tipo 1

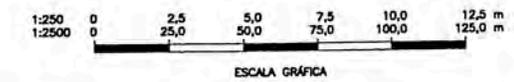


Profundidad (m)		1,50	1,50	1,50
Cotas (m)	Terreno	2681,30	2682,80	2681,02
	Rasante	2681,30	2679,50	2681,02
Distancias (m)	A Origen	0,00	69,70	114,40
	Parciales	0,00	69,70	44,70

PERFIL RED PLUVIAL LA TORRE 1
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

LEYENDA	
	NIVEL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE CONDUCCIÓN DE PVC
	VERTIDO

NOTAS :
1.- DIÁMETRO INTERNO (DI) DE TUBERIAS DE PVC EN MILIMETROS.



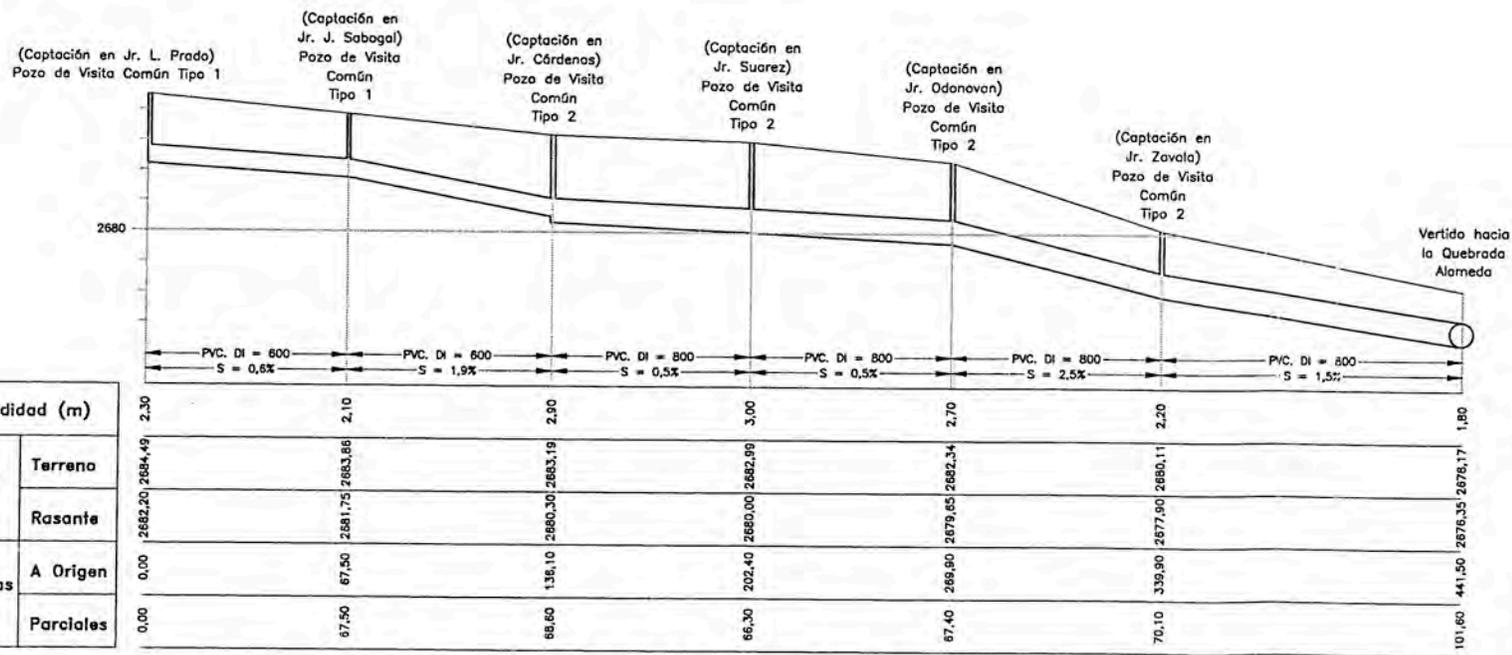
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL - PERFILES LONGITUDINALES

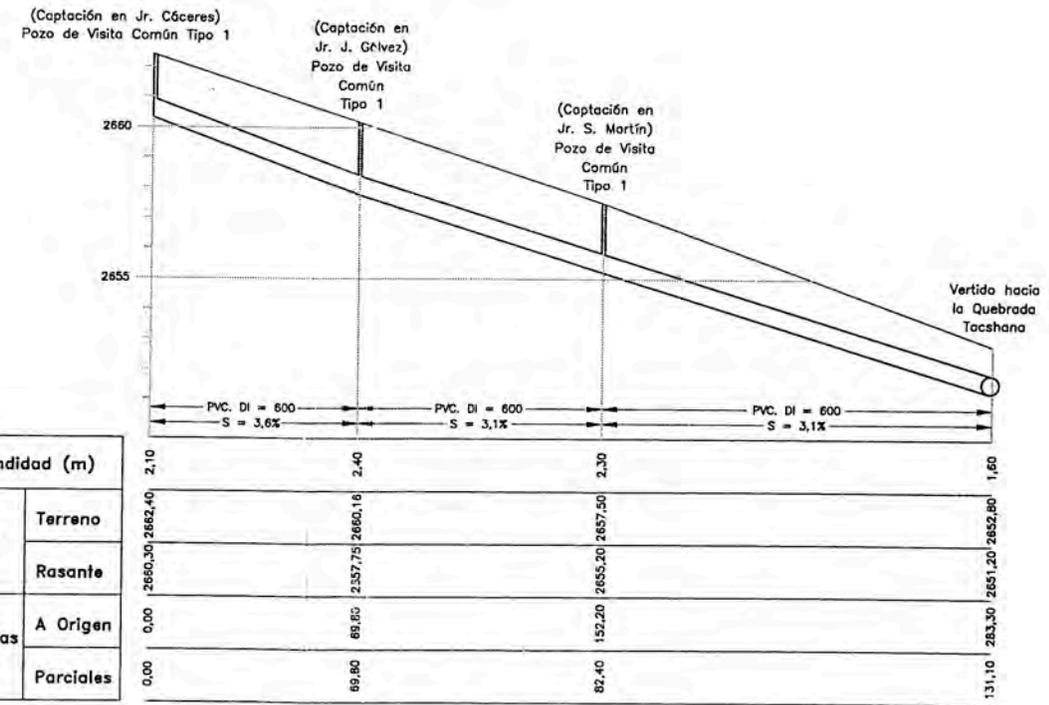
PLANO N°: PL-04-01/02

DEBUNO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA



PERFIL RED PLUVIAL LA TORRE 2
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

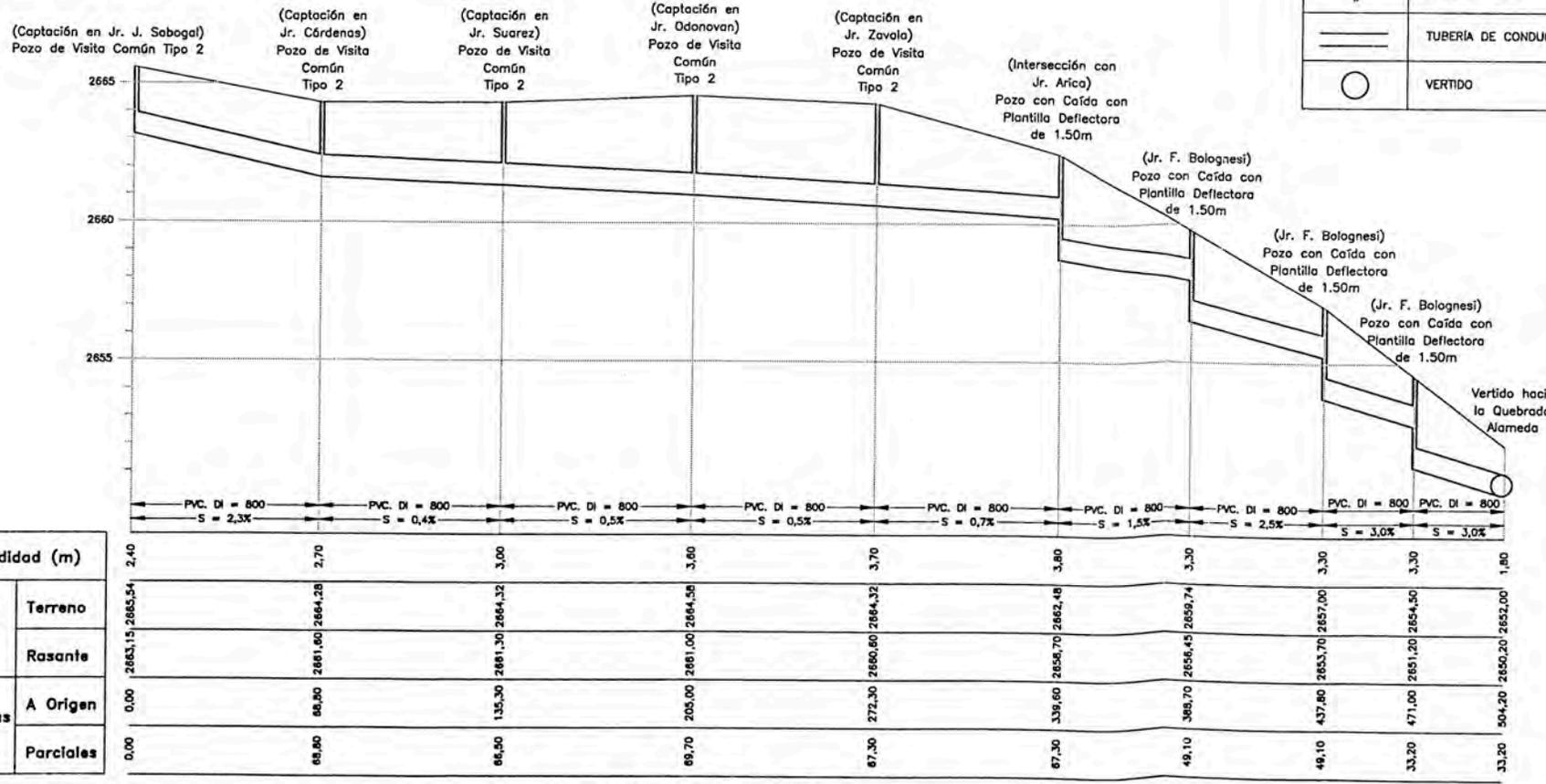
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales



PERFIL RED PLUVIAL LEONCIO
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

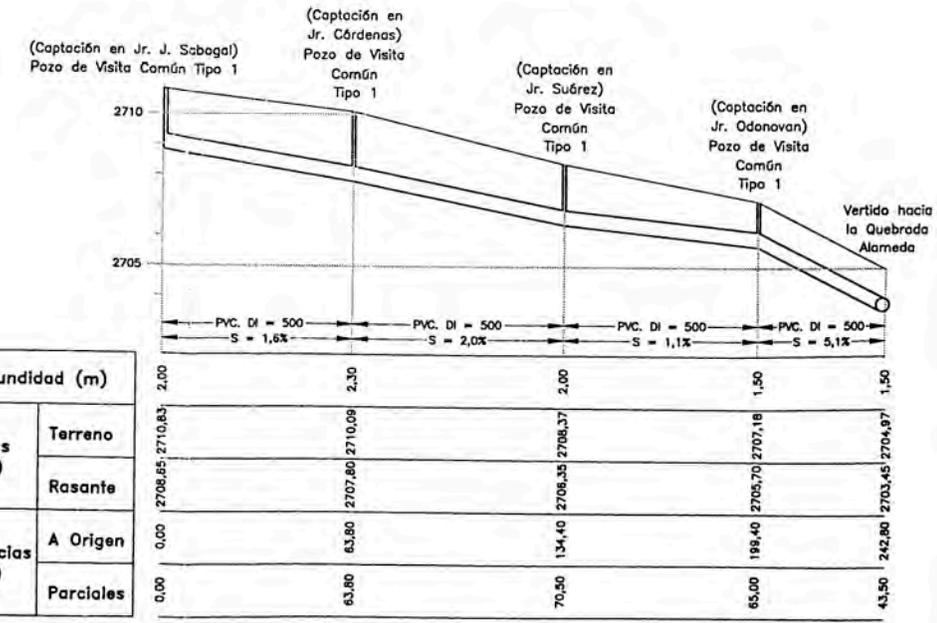
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales

LEYENDA	
	NIVEL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE CONDUCCION DE PVC
	VERTIDO



PERFIL RED PLUVIAL BOLOGNESI
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

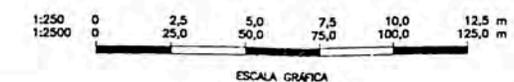
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales



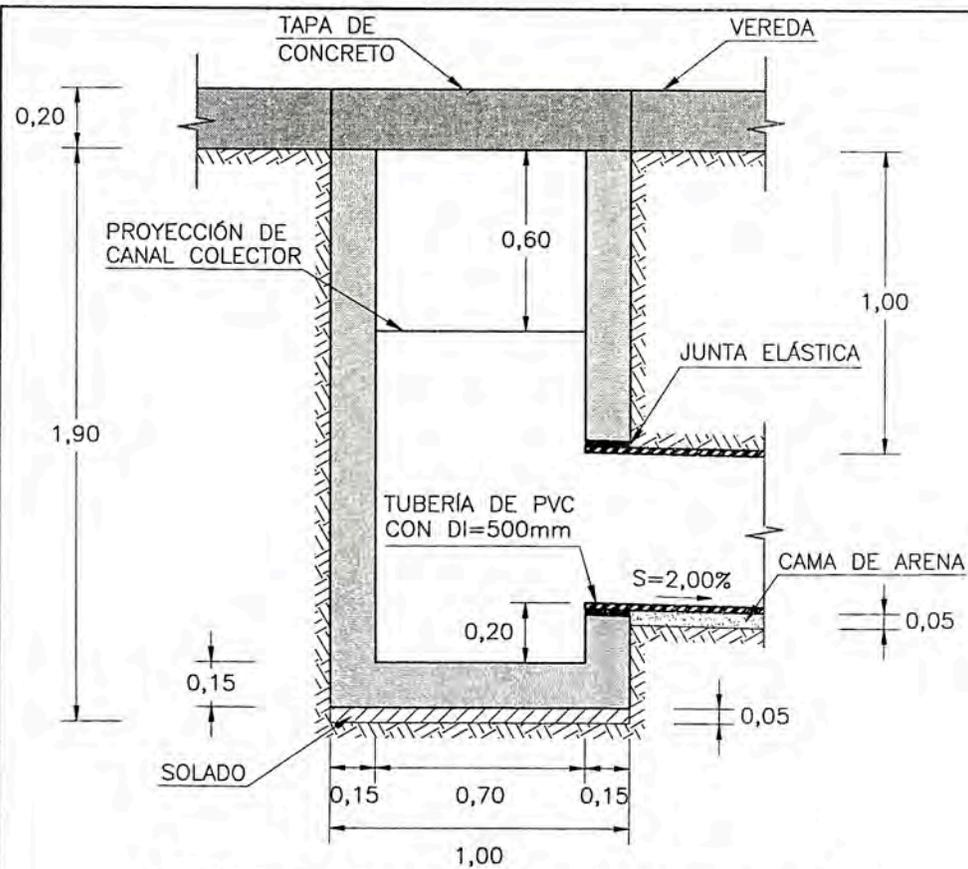
PERFIL RED PLUVIAL BERNAL
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales

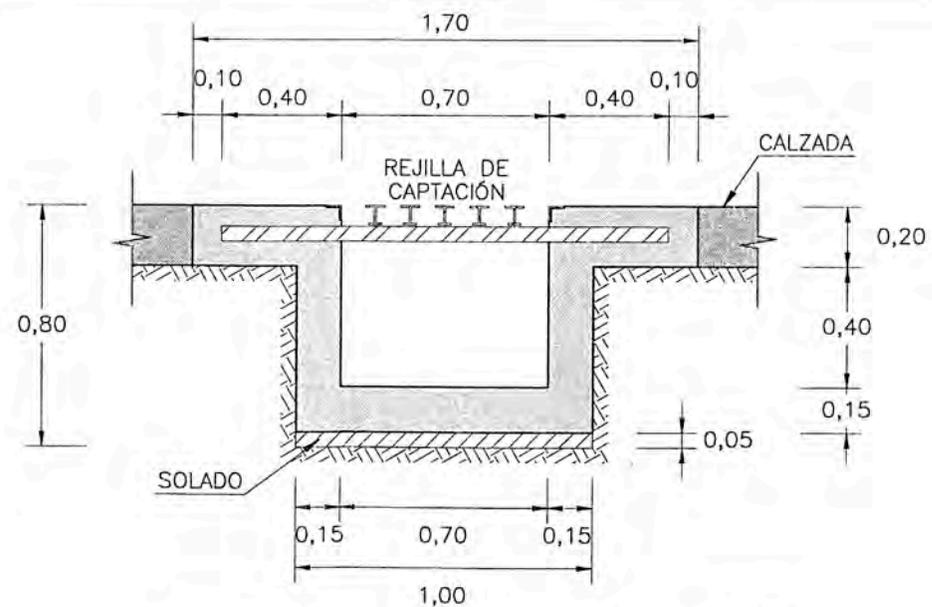
NOTAS :
1.- DIAMETRO INTERNO (DI) DE TUBERIAS DE PVC EN MILIMETROS.



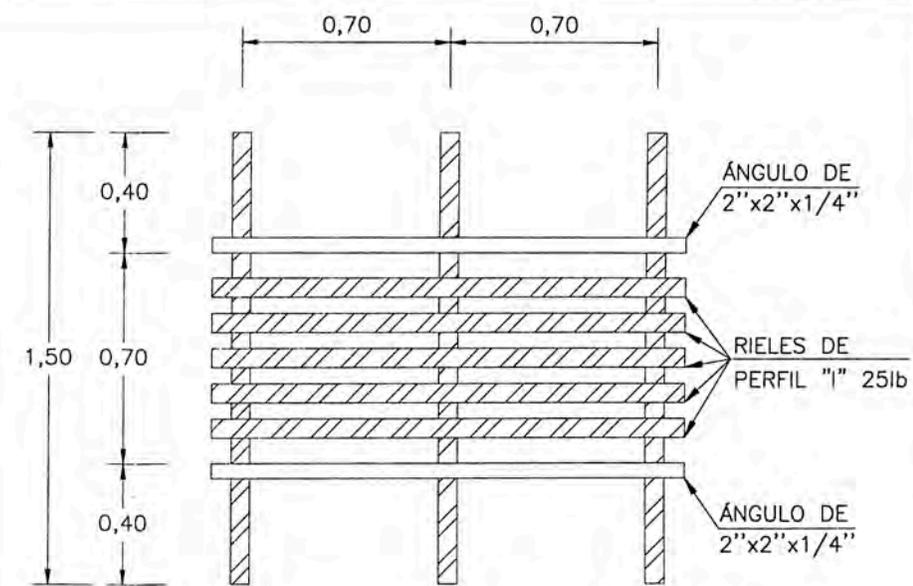
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM				
TÍTULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL - PERFILES LONGITUDINALES			PLANO N°: PL-04-02/02	
ELABORÓ: L.Y.G.	REVISÓ: M.S.D.	FECHA: DIC 2017	ESCALA: INDICADA	



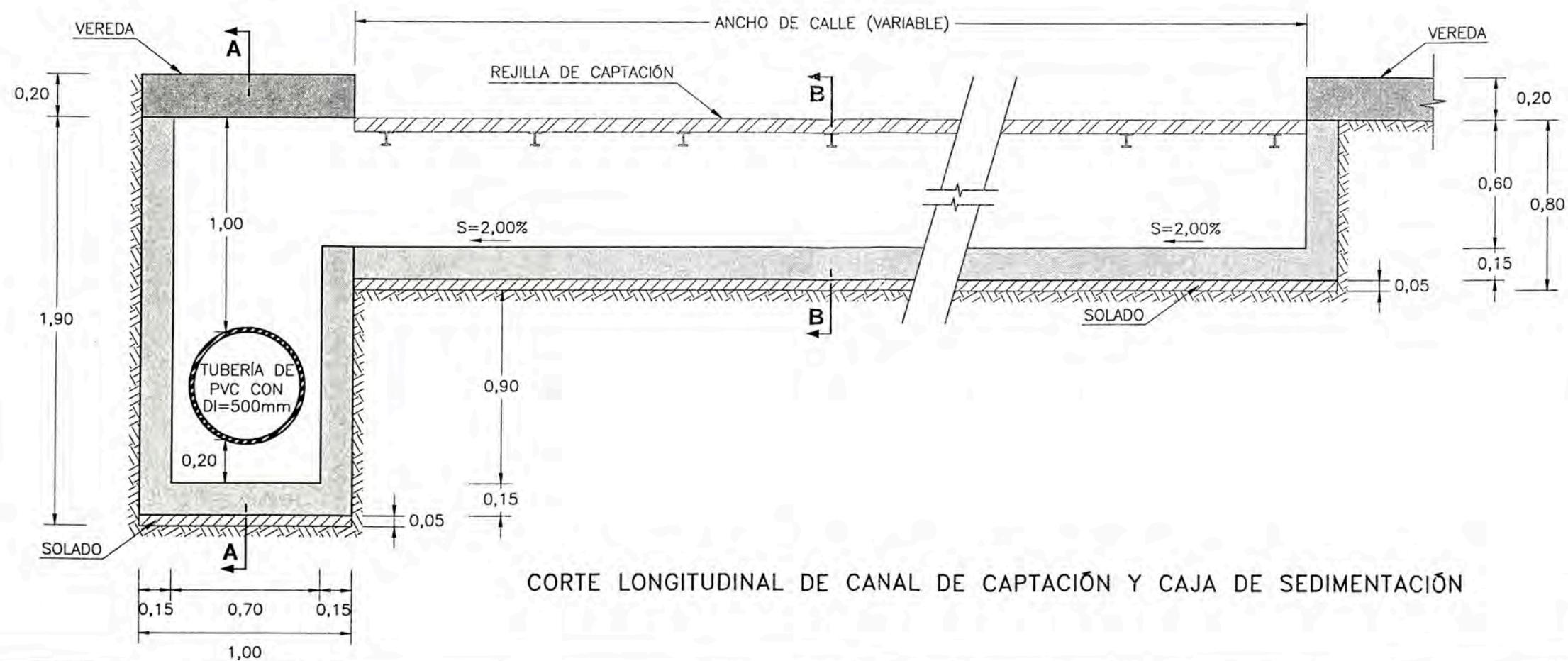
CORTE A-A DE CAJA DE SEDIMENTACIÓN



CORTE B-B DE CANAL DE CAPTACIÓN



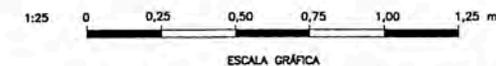
DETALLE DE REJILLA DE CAPTACIÓN



CORTE LONGITUDINAL DE CANAL DE CAPTACIÓN Y CAJA DE SEDIMENTACIÓN

LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f'c=210$ kg/cm ²
	CONCRETO ARMADO $f'c=175$ kg/cm ²
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	RIEL DE PERFIL "1" DE 25 lb
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO DI=500mm
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

NOTAS :
1.- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.

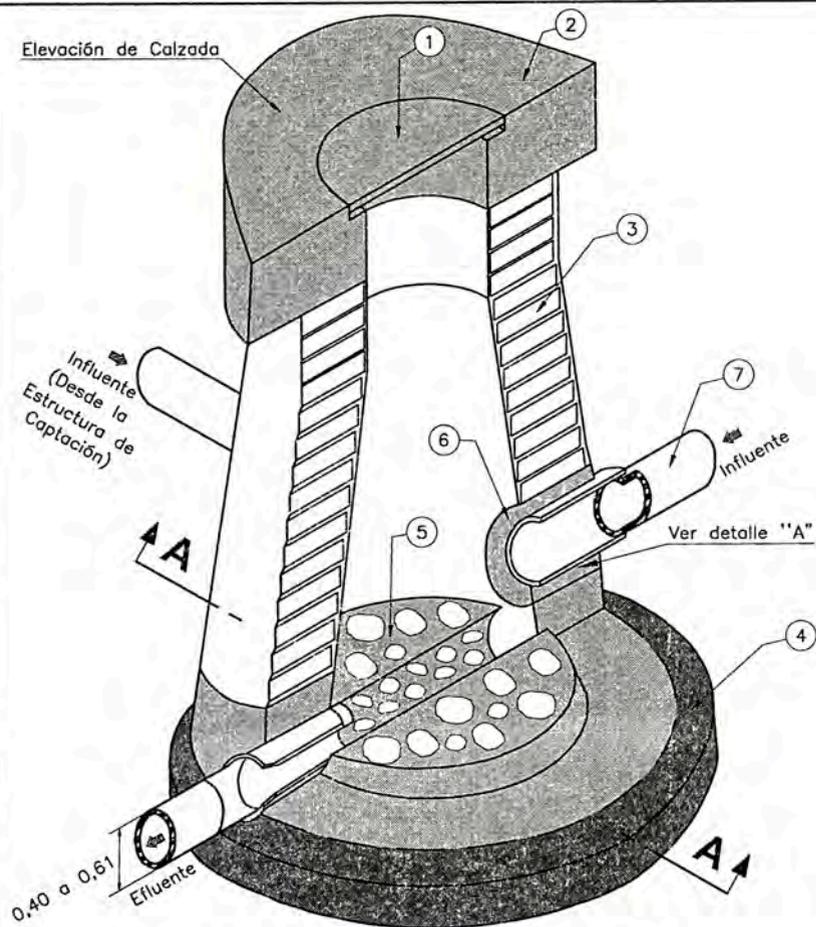


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

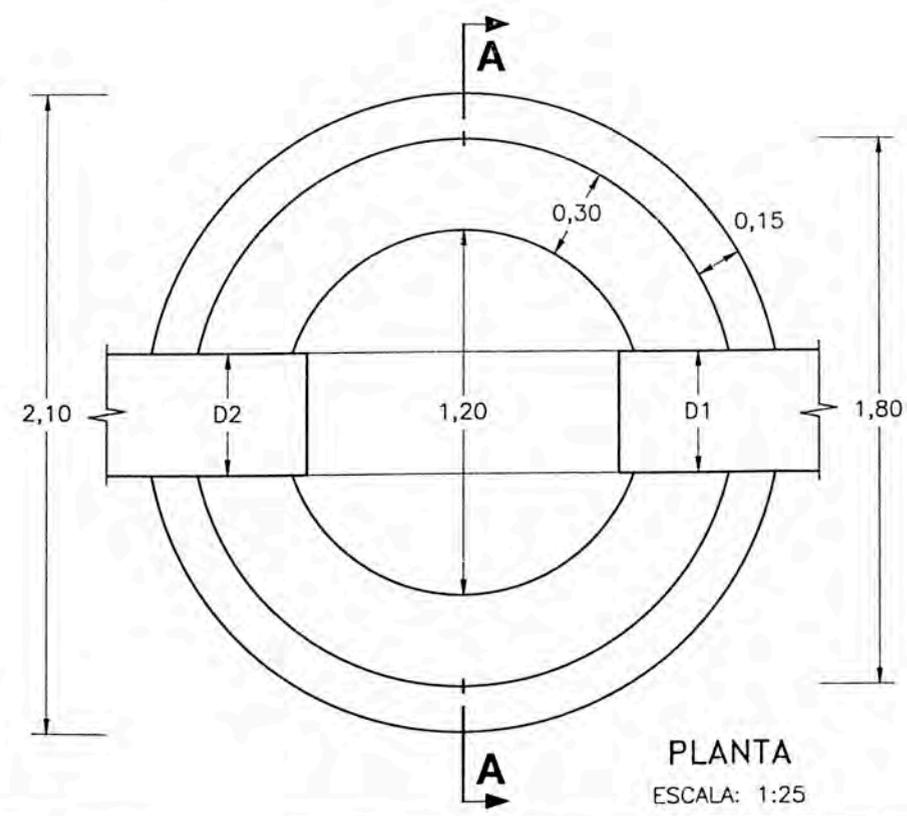
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - DETALLES Y SECCIONES
PLANO N°: PL-05

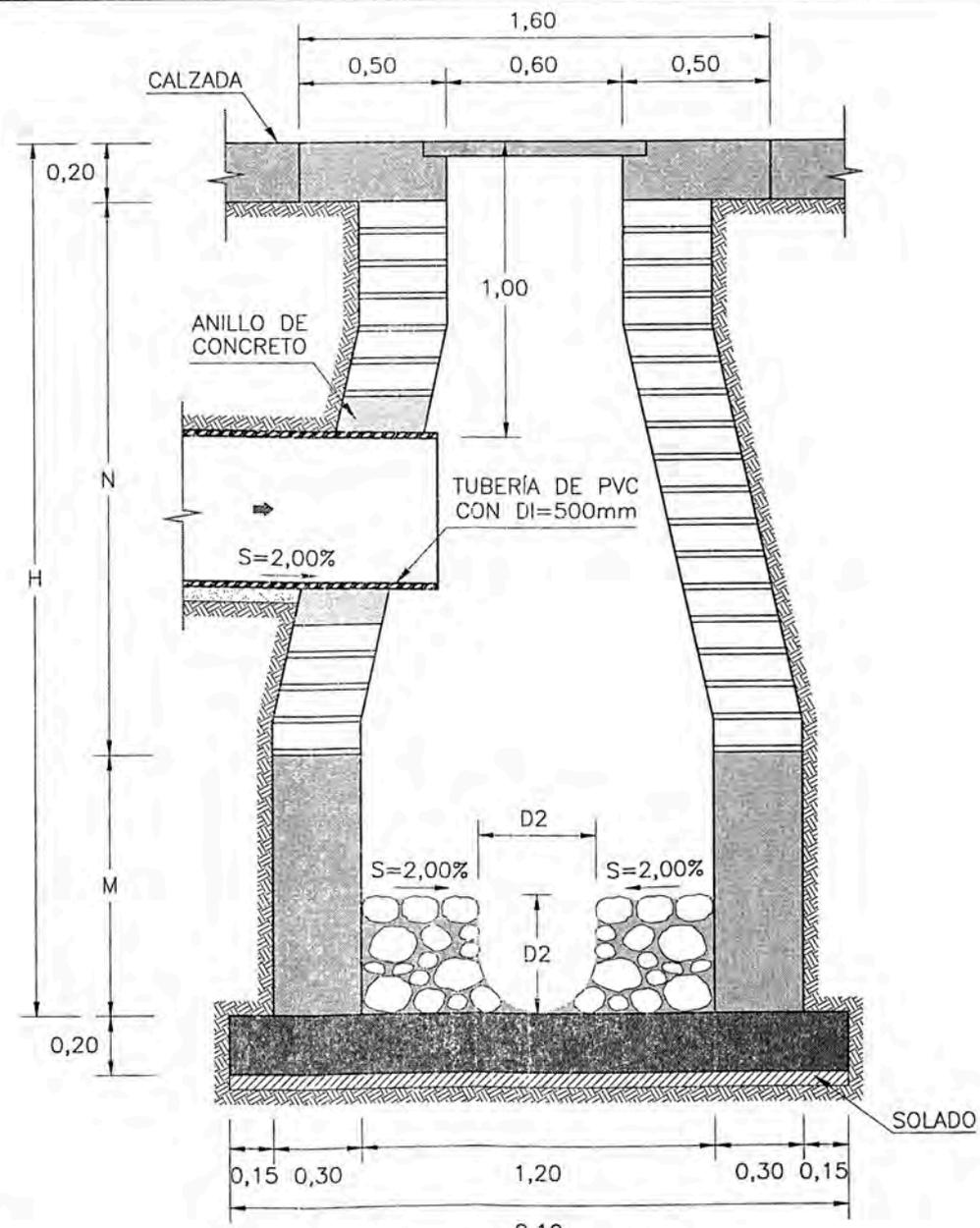
DIBUJÓ: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: 1:25



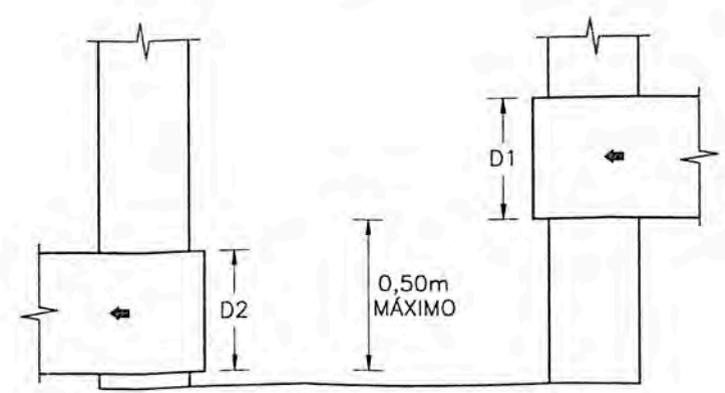
POZO DE VISITA TIPO I PARA DIÁMETROS DE 0,40m A 0,61m SIN ESCALA



PLANTA ESCALA: 1:25



ELEVACIÓN CORTE A-A ESCALA: 1:25

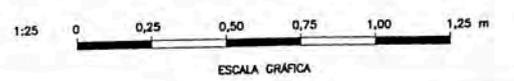


DETALLE "A" DE CAÍDA MÁXIMA ESCALA: 1:25

Nº	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES					CAÍDA
			D1	D2	H	M	N	
01	BARRANCO	NEV01-01		0,60	2,30	0,80	1,50	
02		NEV01-02	0,60	0,60	2,70	0,80	1,90	
03		NEV01-03	0,60	0,60	2,20	0,80	1,40	
04		NEV01-04	0,60	0,60	2,70	1,30	1,40	0,50
05	BLONDEL	NEV02-01		0,50	2,30	0,70	1,60	
06		NEV02-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
07		NEV02-03	0,50	0,50	2,10	0,70	1,40	
08	LEONCIO	NEV03-01		0,60	2,10	0,80	1,30	
09		NEV03-02	0,60	0,60	2,40	0,80	1,60	
10		NEV03-03	0,60	0,60	2,30	0,80	1,50	
11	LA TORRE 1	NEV04-01		0,50	1,50	0,70	0,80	
12		NEV04-02	0,50	0,50	1,50	0,70	0,80	
13	SILVA	NEV05-01		0,50	2,20	0,70	1,50	
14		NEV05-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
15		NEV05-06	0,60	0,60	2,50	1,30	1,20	0,50
16	BERNAL	NEV06-01		0,50	2,00	0,70	1,30	
17		NEV06-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
18		NEV06-03	0,50	0,50	2,00	0,70	1,30	
19		NEV06-04	0,50	0,50	1,50	0,70	0,80	
20	LA TORRE 2	NEV07-01		0,60	2,30	0,80	1,50	
21		NEV07-02	0,60	0,60	2,10	0,80	1,30	

- ESPECIFICACIONES :**
- TAPA DE CONCRETO ARMADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$.
 - ANILLO DE CONCRETO ARMADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$.
 - MURO DE LADRILLO COMÚN $9 \times 13 \times 24$ cm CON TARRAJEO INTERIOR Y EXTERIOR.
 - BASE DE CONCRETO ARMADO $f_c=280\text{kg/cm}^2$ CON IMPERMEABILIZANTE.
 - PIEDRA EMBOQUILLADA (CONCRETO $f_c=175\text{kg/cm}^2$ + 60% DE PIEDRA MEDIANA) HASTA LA CLAVE DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
 - ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f_c=210\text{kg/cm}^2$ MÍNIMO DE 0,10 m.
 - TUBERÍAS INFLUYENTES Y EFLUYENTES AL POZO SERÁN DE PVC CORRUGADA.

- NOTAS :**
- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
 - ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.12 POZO DE VISITA COMÚN" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MEXICO, 2018.



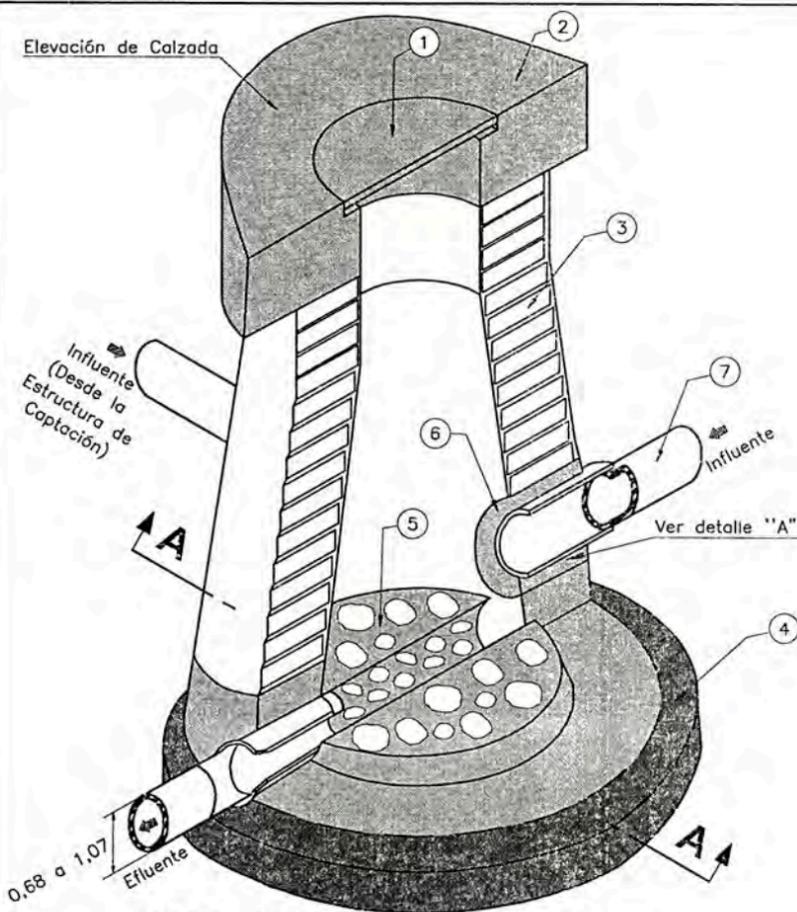
LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f'_c=280$ kg/cm ²
	CONCRETO ARMADO $f'_c=210$ kg/cm ²
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMBOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO $D_i=500$ mm
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

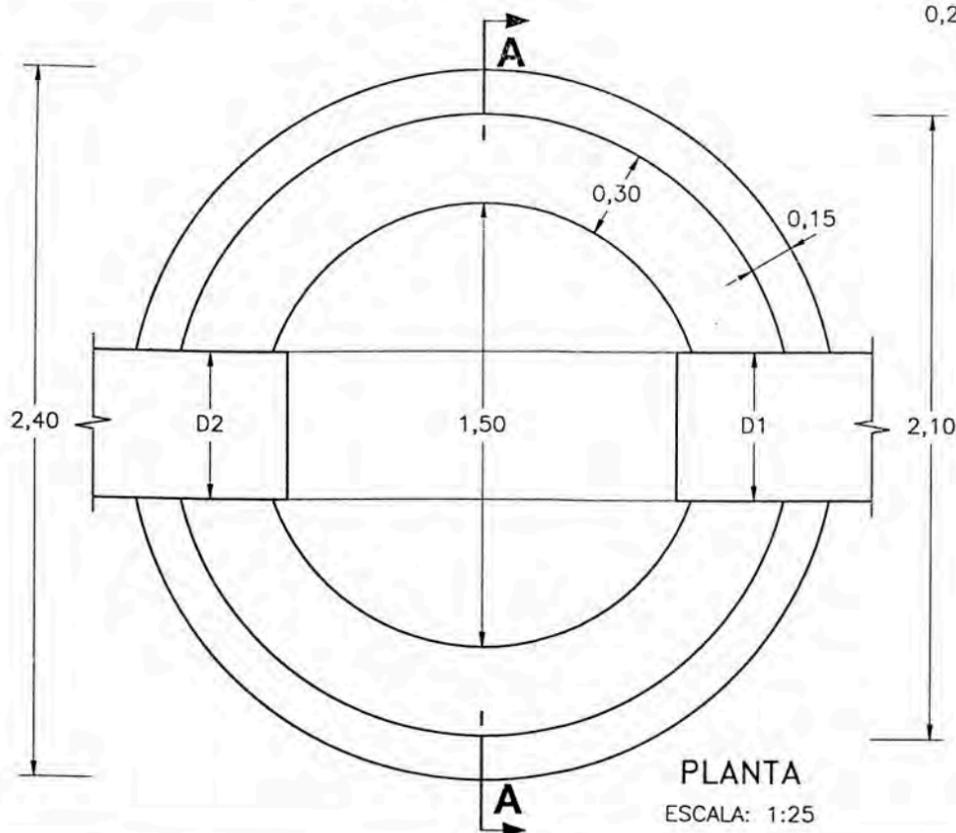
TESIS: **ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM**

TÍTULO: **POZO DE VISITA COMÚN TIPO I - DETALLES Y SECCIONES** PLANO N°: **PL-06**

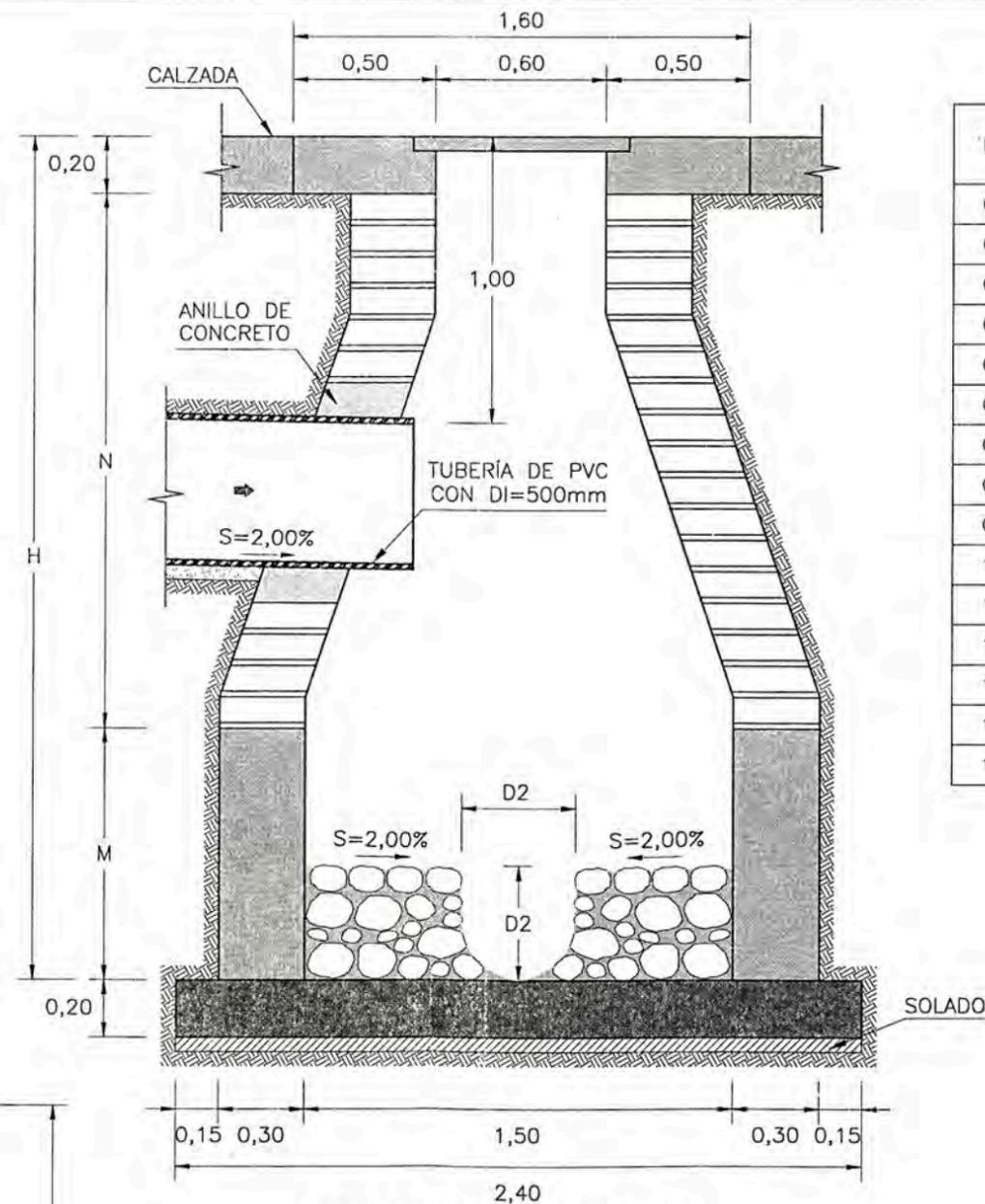
DIBUJO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA



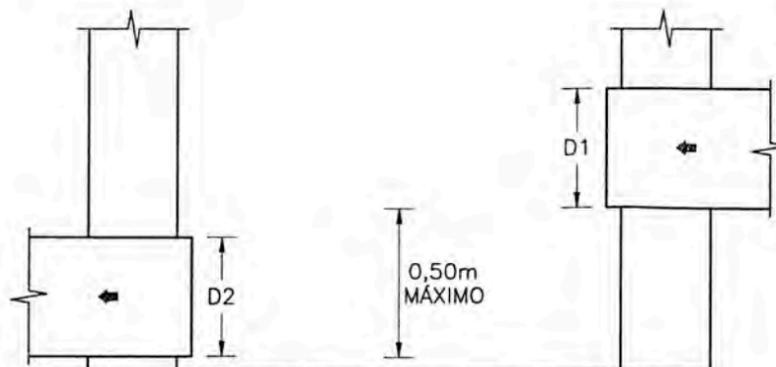
POZO DE VISITA TIPO II PARA
DIÁMETROS DE 0,68m A 1,07m
SIN ESCALA



PLANTA
ESCALA: 1:25



ELEVACIÓN CORTE A-A
ESCALA: 1:25



DETALLE "A" DE CAÍDA MÁXIMA
ESCALA: 1:25

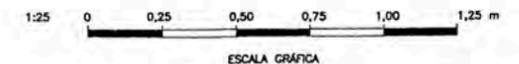
Nº	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES					
			D1	D2	H	M	N	CAÍDA
01	BARRANCO	NEV01-06	0,80	0,80	2,60	1,50	1,10	0,50
02	BLONDEL	NEV02-04	0,50	0,70	2,50	0,90	1,60	0,20
03		NEV02-05	0,70	0,70	1,70	0,90	0,80	
04	SILVA	NEV05-03	0,50	0,70	2,70	0,90	1,80	0,20
05		NEV05-04	0,70	0,70	2,90	0,90	2,00	
06		NEV05-05	0,70	0,60	2,90	1,40	1,50	0,50
07	LA TORRE 2	NEV07-03	0,60	0,80	2,90	1,00	1,90	0,20
08		NEV07-04	0,80	0,80	3,00	1,00	2,00	
09		NEV07-05	0,80	0,80	2,70	1,00	1,70	
10		NEV07-06	0,80	0,80	2,20	1,00	1,20	
11	BOLOGNESI	NEV08-01		0,80	2,40	1,00	1,40	
12		NEV08-02	0,80	0,80	2,70	1,00	1,70	
13		NEV08-03	0,80	0,80	3,00	1,00	2,00	
14		NEV08-04	0,80	0,80	3,60	1,00	2,60	
15		NEV08-05	0,80	0,80	3,70	1,00	2,70	

ESPECIFICACIONES :

- TAPA DE CONCRETO ARMADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- ANILLO DE CONCRETO ARMADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- MURO DE LADRILLO COMÓN $9 \times 13 \times 24$ cm CON TARRAJEO INTERIOR Y EXTERIOR.
- BASE DE CONCRETO ARMADO $f'c=280\text{kg/cm}^2$ CON IMPERMEABILIZANTE.
- PIEDRA EMBOQUILLADA (CONCRETO $f'c=175\text{kg/cm}^2$ + 60% DE PIEDRA MEDIANA) HASTA LA CLAVE DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f'c=210\text{kg/cm}^2$ MÍNIMO DE 0,10 m.
- TUBERÍAS INFLUYENTES Y EFLUYENTES AL POZO SERÁN DE PVC CORRUGADA.

NOTAS :

- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
- ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.13 POZO DE VISITA ESPECIAL" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MÉXICO, 2016.



LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
	CONCRETO ARMADO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMBOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO $D_i=500\text{mm}$
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

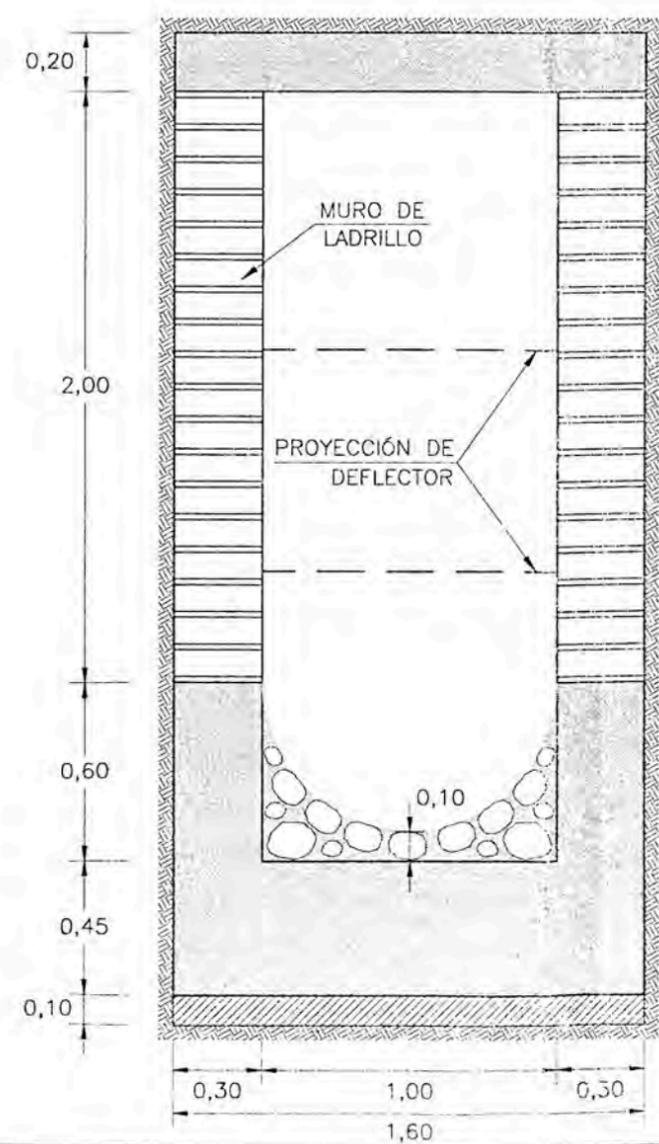
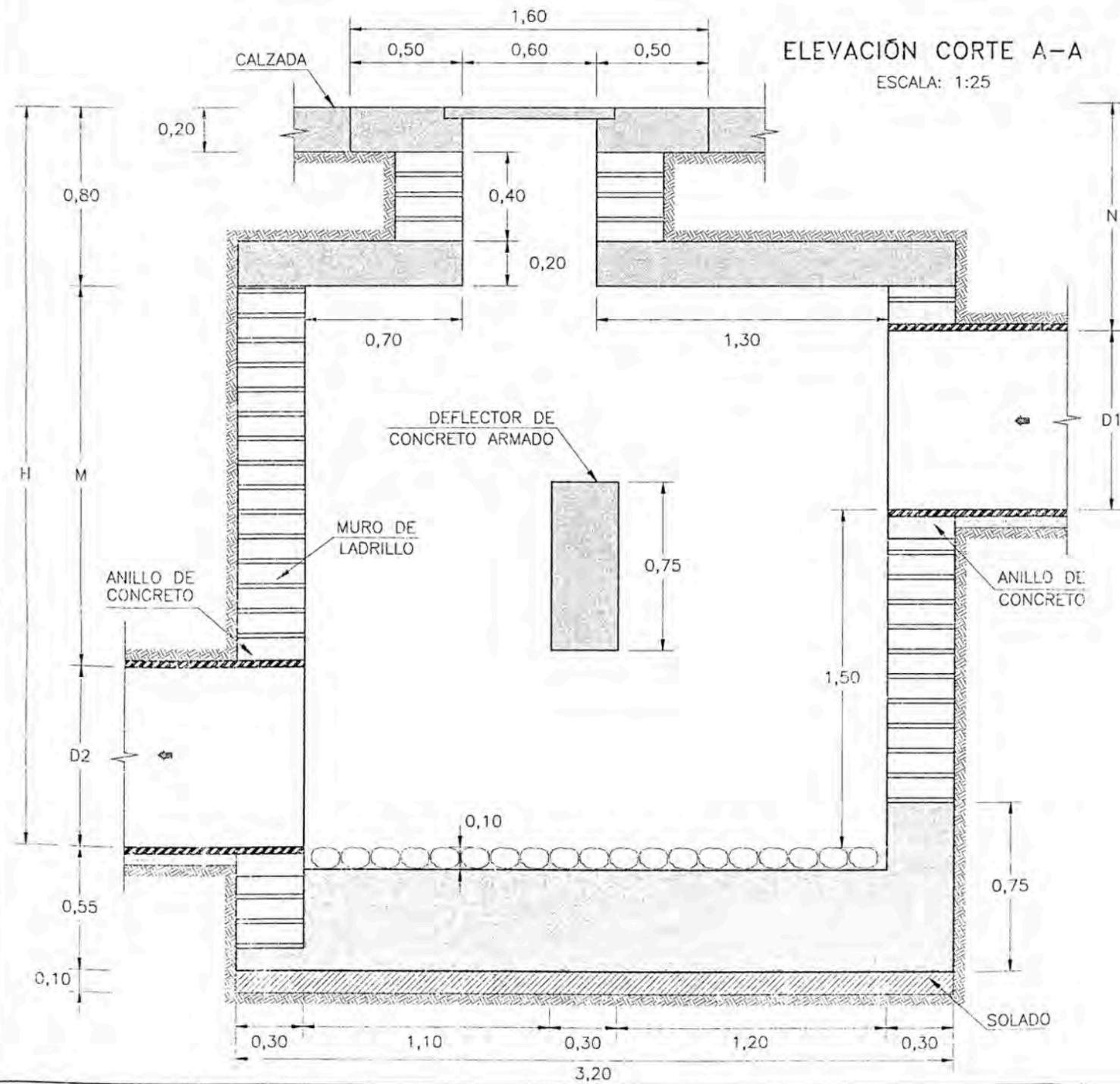
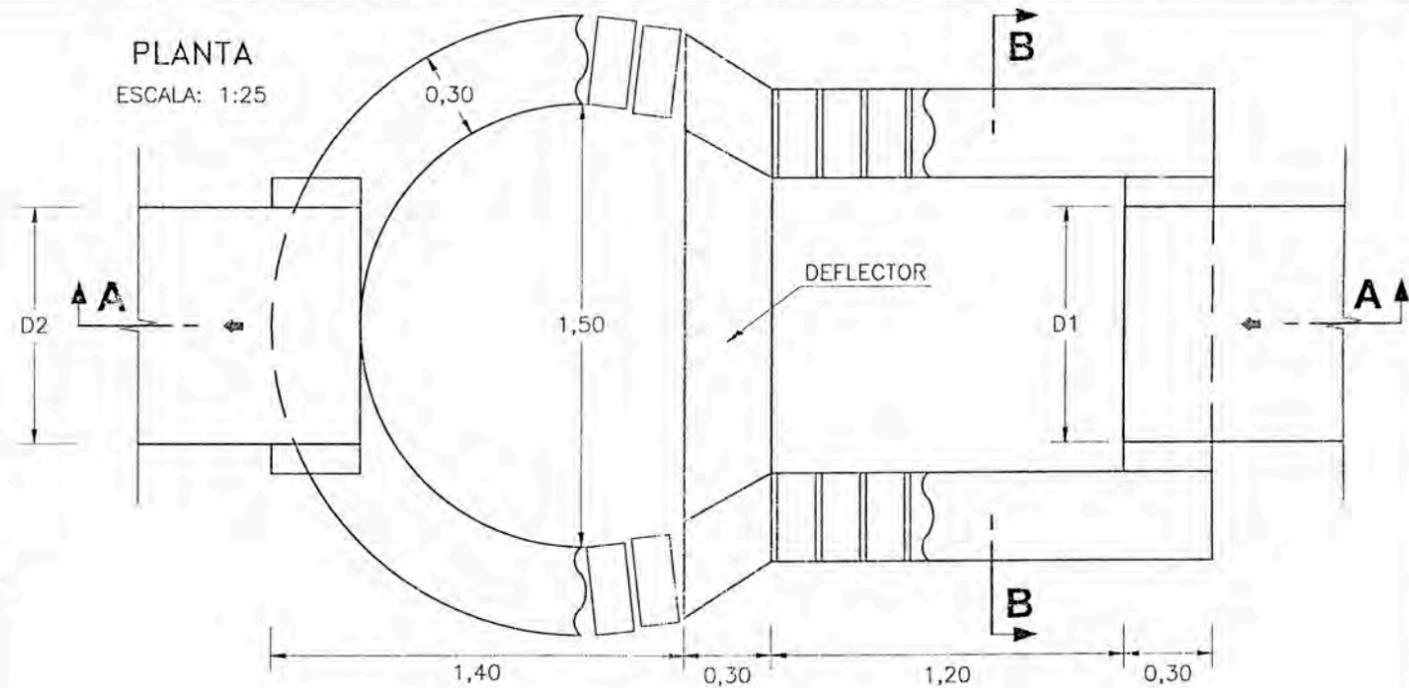
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: POZO DE VISITA COMÚN TIPO II - DETALLES Y SECCIONES PLANO N°: PL-07

DIBUJÓ: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA

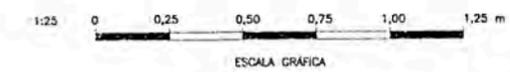
N°	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES				
			D1	D2	H	M	N
01	BARRANCO	NEV01-05	0,60	0,80	3,70	2,10	1,60
02	BOLOGNESI	CEV08-01	0,80	0,80	3,80	2,20	1,50
03		CEV08-02	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00
04		CEV08-03	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00
05		CEV08-04	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00



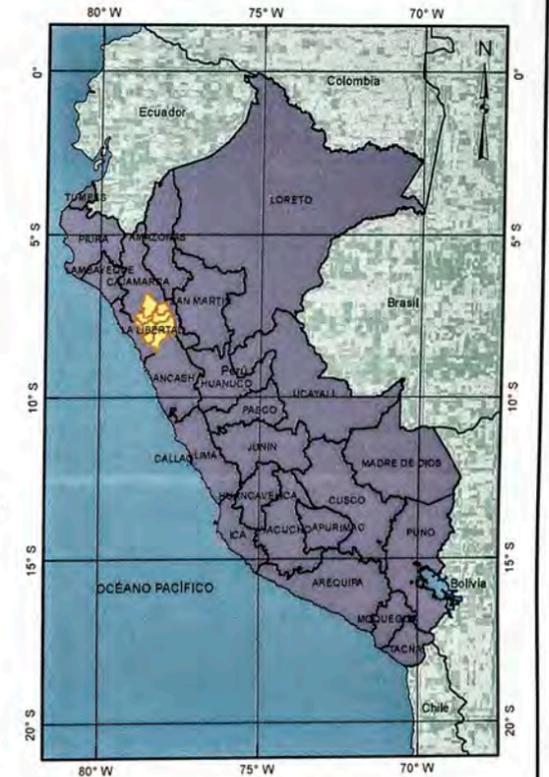
LEYENDA

	CONCRETO ARMADO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO $D_i=500\text{mm}$
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

NOTAS:
1.- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
2.- ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.19 POZO CON CAÍDA Y DEFLECTOR INTERIOR" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MÉXICO, 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJAMARCA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM				
TÍTULO: POZO CON CAÍDA CON PLANTILLA DEFLECTORA DE 1,50 m				PLANO N°: PL-08
DIBUJO: L.Y.G.	ELABORÓ: L.Y.G.	REVISÓ: M.S.D.	FECHA: DC 2017	ESCALA: INDICADA



UBICACIÓN
1:25,000,000

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

- Vertiente del Atlántico
- Vertiente del Pacífico

CUADRO DE GEOREFERENCIACIÓN

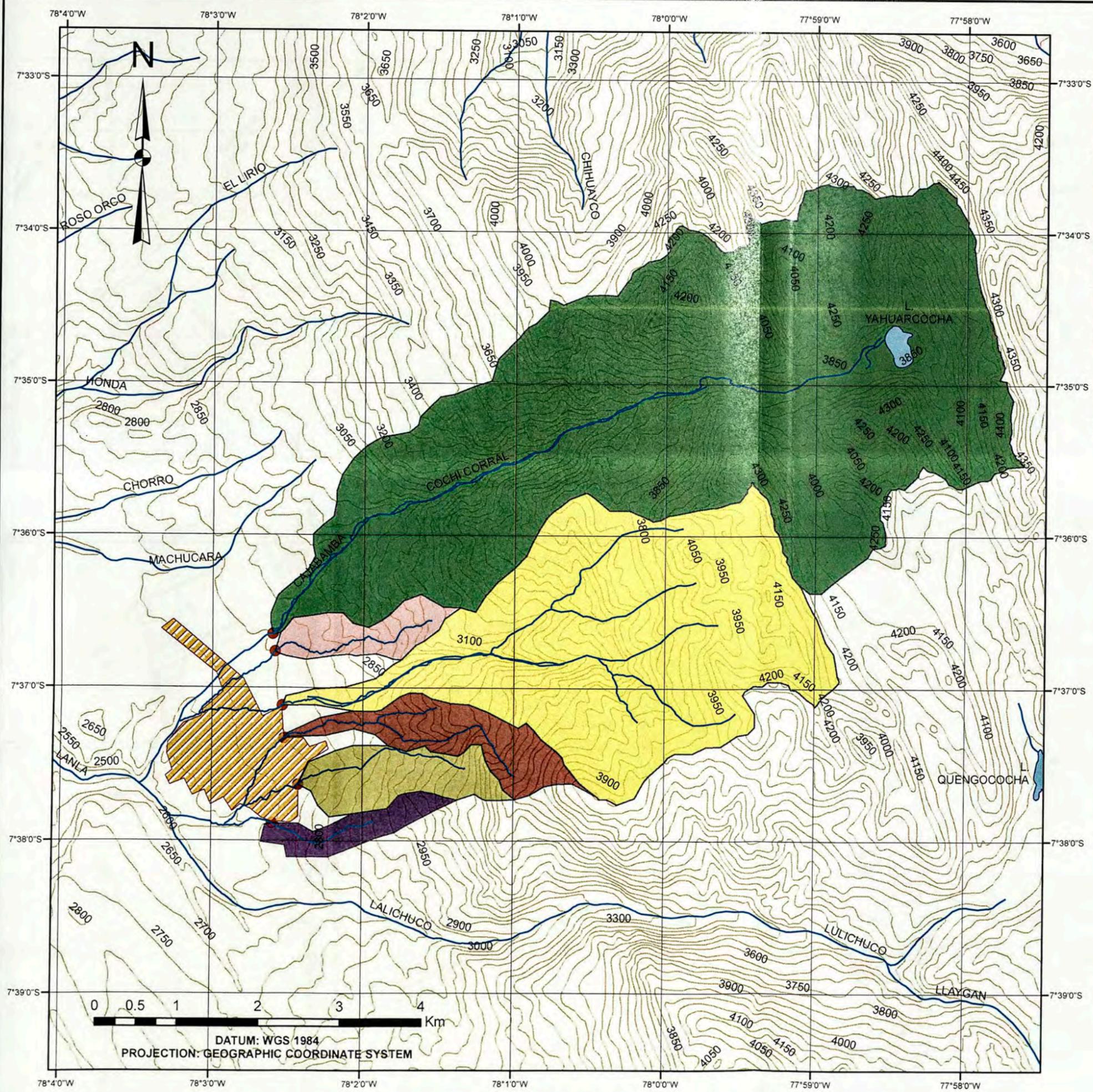
Estación Meteorológica	Dpto.	Altitud (msnm)	Latitud (S)	Longitud (W)
1. San Marcos	Cajamarca	2190	7°19'21"	78°10'21"
2. Jesús	Cajamarca	2495	7°14'44"	78°23'18"
3. Cajabamba	Cajamarca	2612	7°37'18"	78°03'04"
4. Augusto Weberbauer	Cajamarca	2660	7°10'03"	78°29'35"
5. La Encañada	Cajamarca	2980	7°07'23"	78°19'58"
6. Cachachi	Cajamarca	3200	7°27'03"	78°16'07"
7. Huamachuco	La Libertad	3290	7°49'09"	78°02'24"
8. Mollepata	La Libertad	2580	8°11'30"	77°57'15"
9. Cachicadan	La Libertad	2890	8°05'30"	78°08'58"
10. Julcan	La Libertad	3170	8°02'33"	78°29'09"
11. Salpo	La Libertad	3250	8°00'01"	78°37'01"
12. Granja Porcon	Cajamarca	3261	7°02'15"	78°37'45"
13. Huangacocha	La Libertad	3595	7°56'14"	78°40'06"
14. Quiruvilca	La Libertad	3980	8°00'15"	78°18'28"
15. Huacamarcanga	La Libertad	4000	8°07'17"	78°17'35"

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: **UBICACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS** PLANO N°: **PL-01**

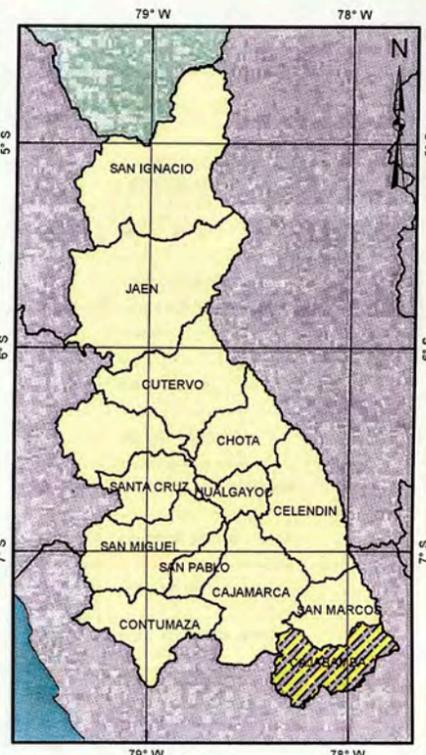
DIBUJÓ: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: OCT 2017 ESCALA: 1:500,000



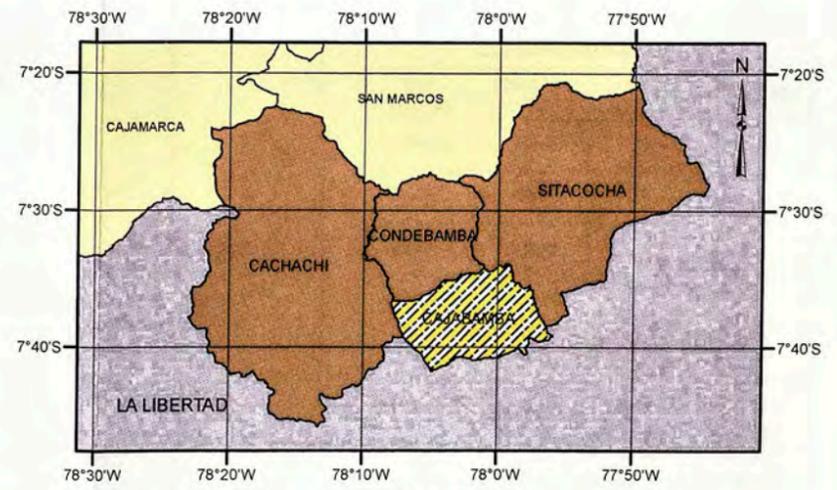
CUENCAS HIDROGRÁFICAS
1:50,000



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
1:25,000,000



UBICACIÓN PROVINCIAL
1:4,000,000



UBICACIÓN DISTRITAL
1:1,000,000



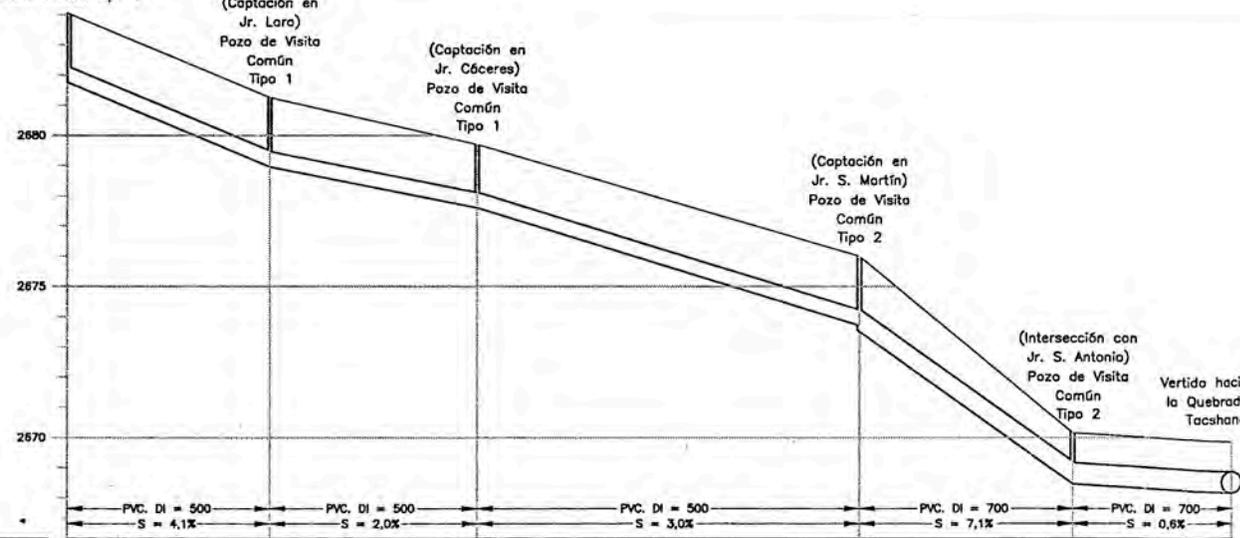
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: **UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS** PLANO N°: **PL-02**

DBUJO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: OCT 2017 ESCALA: INDICADA

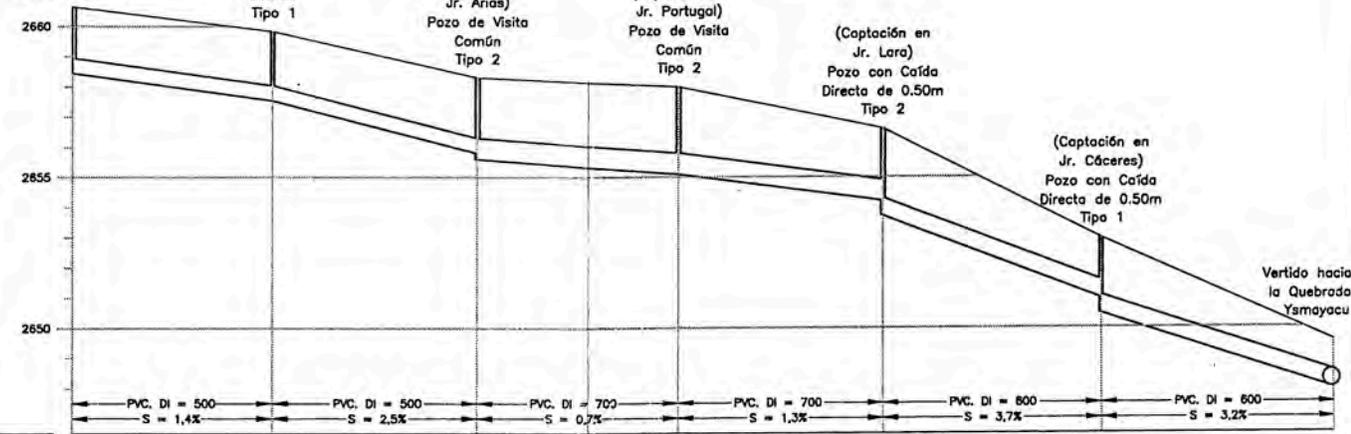
(Captación en Jr. Portugal)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)	2,30	2,30	2,10	2,50	1,70	1,70	
Cotas (m)	Terreno	2681,05	2681,25	2679,68	2676,00	2670,15	2669,84
	Rasante	2681,75	2678,95	2677,60	2673,50	2668,45	2668,15
Distancias (m)	A Origen	0,00	68,00	137,50	265,50	338,70	390,20
	Parciales	0,00	68,00	69,50	128,00	71,20	53,50

PERFIL RED PLUVIAL BLONDEL
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

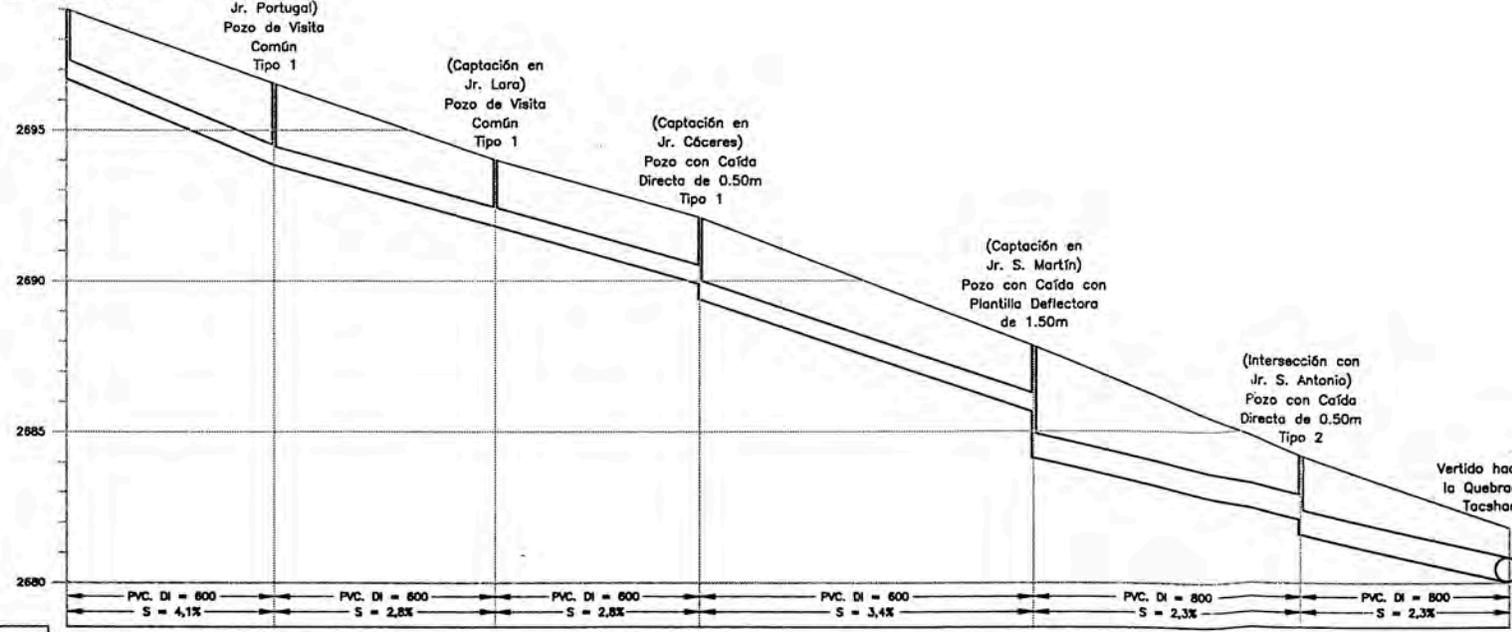
(Captación en Jr. Calderón)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)	2,20	2,30	2,70	2,90	2,90	2,50	1,60
Cotas (m)	Terreno	2658,45	2659,83	2658,29	2657,99	2656,60	2649,55
	Rasante	2658,45	2657,55	2655,60	2655,10	2653,70	2647,85
Distancias (m)	A Origen	0,00	67,00	135,30	203,40	272,20	425,20
	Parciales	0,00	67,00	68,30	68,10	68,80	79,20

PERFIL RED PLUVIAL SILVA
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

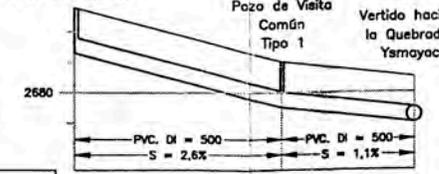
(Captación en Jr. Arias)
Pozo de Visita Común Tipo 1



Profundidad (m)	2,30	2,70	2,20	2,70	3,70	2,60	1,80	
Cotas (m)	Terreno	2692,00	2690,54	2689,00	2687,08	2684,82	2684,18	2681,80
	Rasante	2692,70	2693,83	2691,80	2690,40	2688,10	2686,15	2680,00
Distancias (m)	A Origen	0,00	68,60	143,70	212,50	324,10	411,30	464,30
	Parciales	0,00	68,60	74,10	68,80	111,70	80,20	70,00

PERFIL RED PLUVIAL BARRANCO
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

(Captación en Jr. A. Ugarte)
Pozo de Visita Común Tipo 1

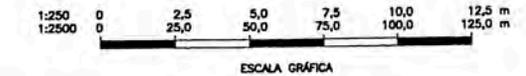


Profundidad (m)	1,50	1,50	1,50	
Cotas (m)	Terreno	2682,80	2681,02	2680,51
	Rasante	2681,30	2679,50	2679,00
Distancias (m)	A Origen	0,00	69,70	114,40
	Parciales	0,00	69,70	44,70

PERFIL RED PLUVIAL LA TORRE 1
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

LEYENDA	
	NIVEL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE CONDUCCIÓN DE PVC
	VERTIDO

NOTAS :
1.- DIÁMETRO INTERNO (DI) DE TUBERIAS DE PVC EN MILIMETROS.

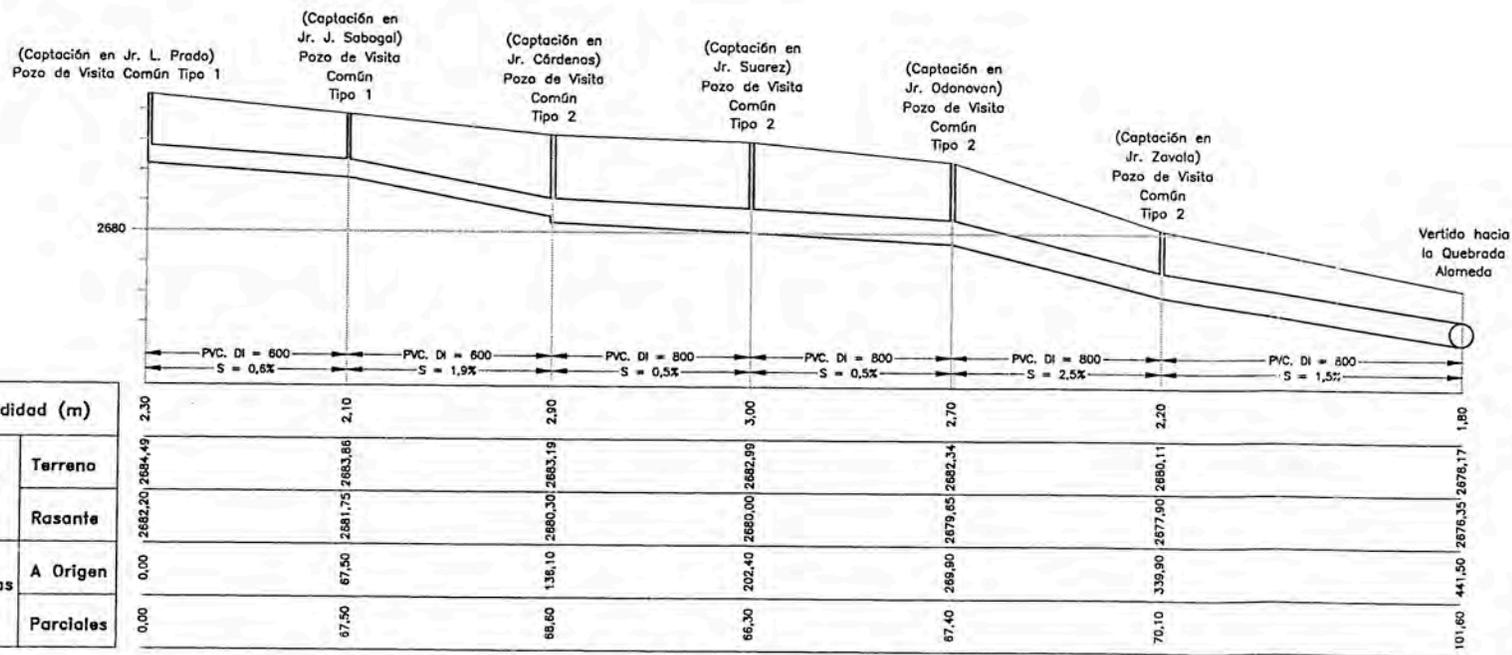


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

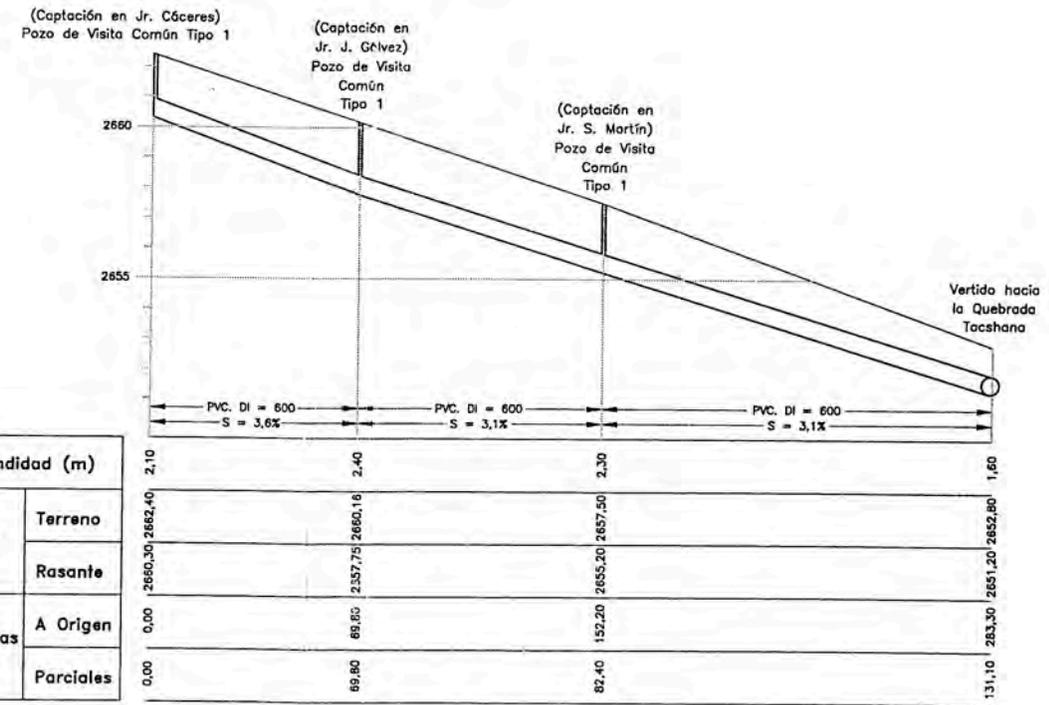
TÍTULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL - PERFILES LONGITUDINALES
PLANO N°: PL-04-01/02

DEBUIO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA



PERFIL RED PLUVIAL LA TORRE 2
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

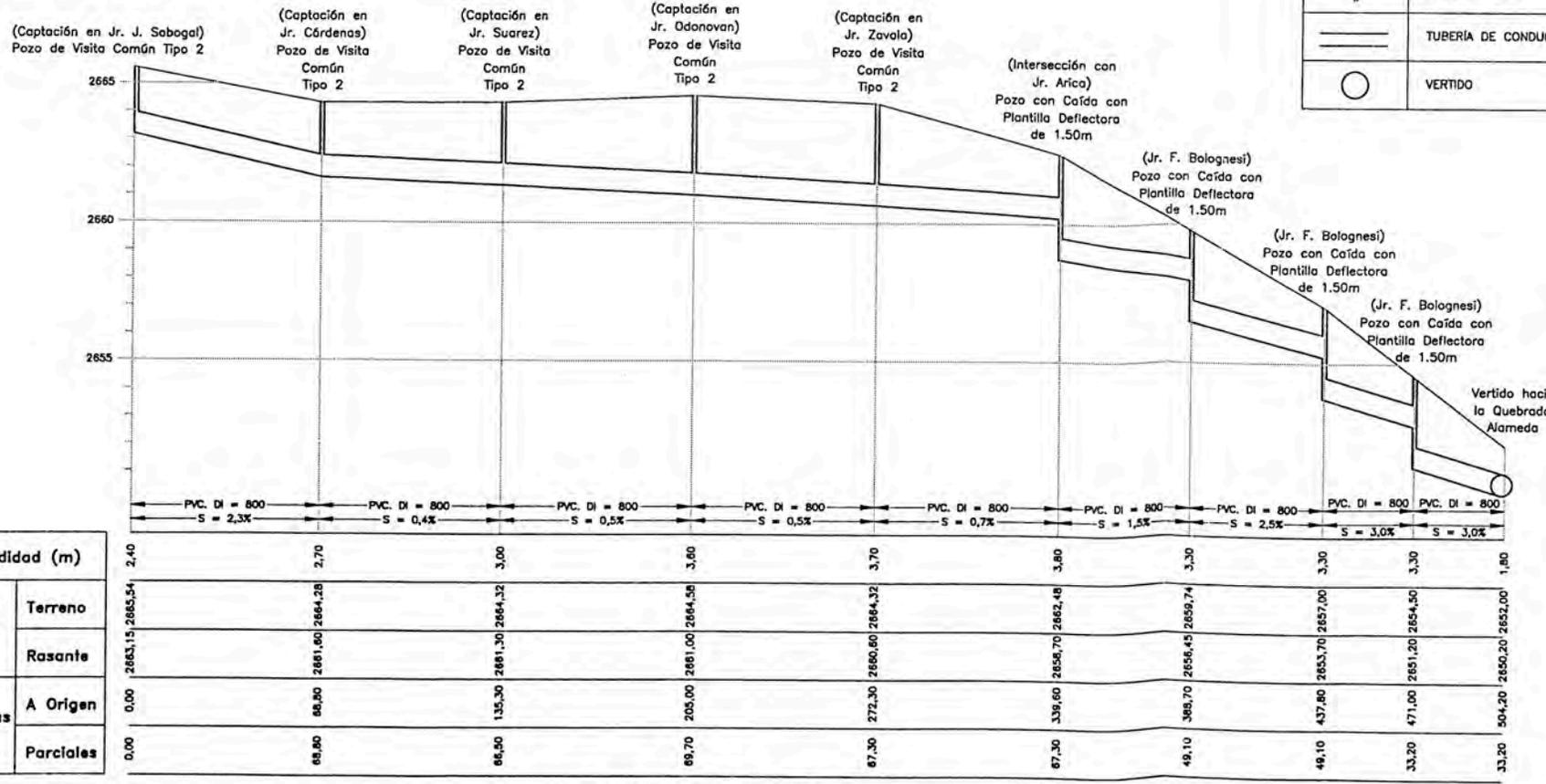
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales



PERFIL RED PLUVIAL LEONCIO
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

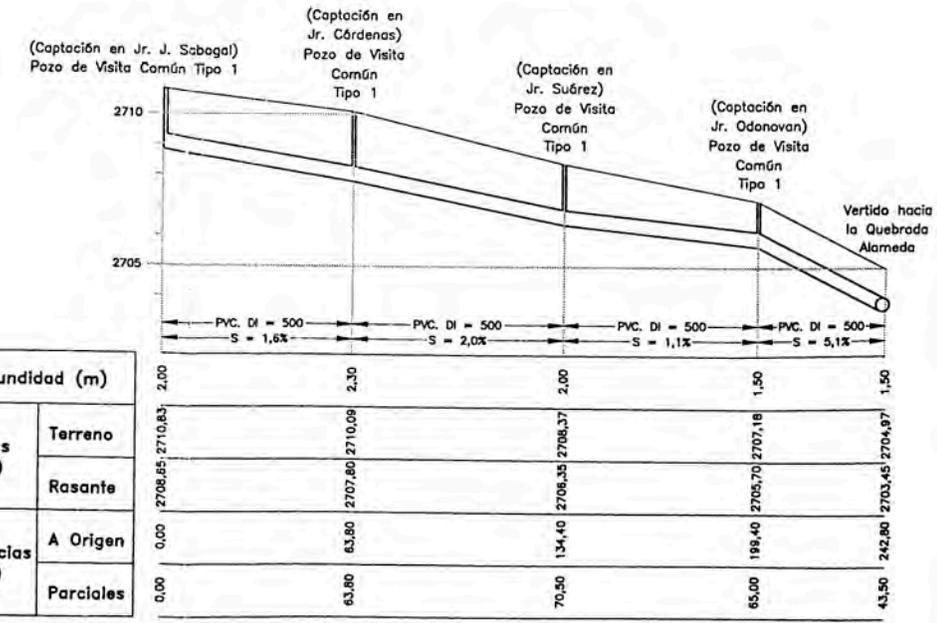
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales

LEYENDA	
	NIVEL DEL TERRENO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE CONDUCCION DE PVC
	VERTIDO



PERFIL RED PLUVIAL BOLOGNESI
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

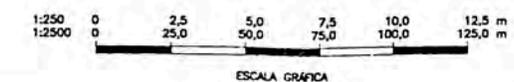
Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales



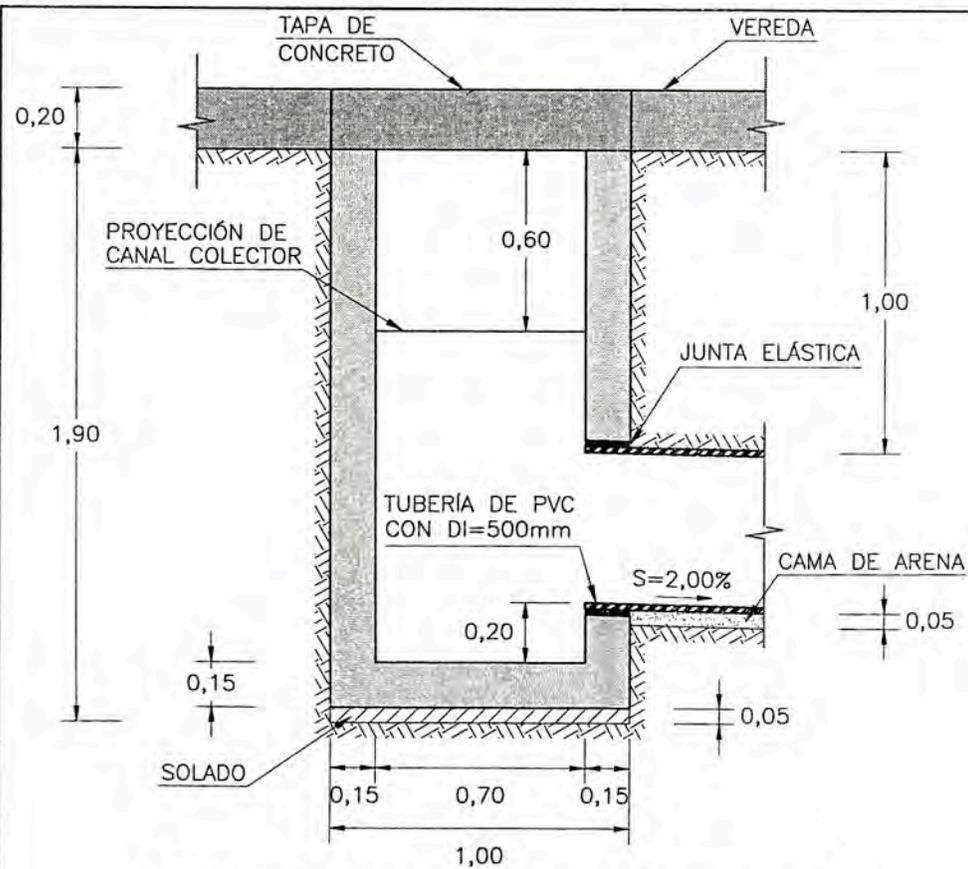
PERFIL RED PLUVIAL BERNAL
ESCALAS: V = 1:250 / H = 1:2 500

Profundidad (m)	
Cotas (m)	Terreno
	Rasante
Distancias (m)	A Origen
	Parciales

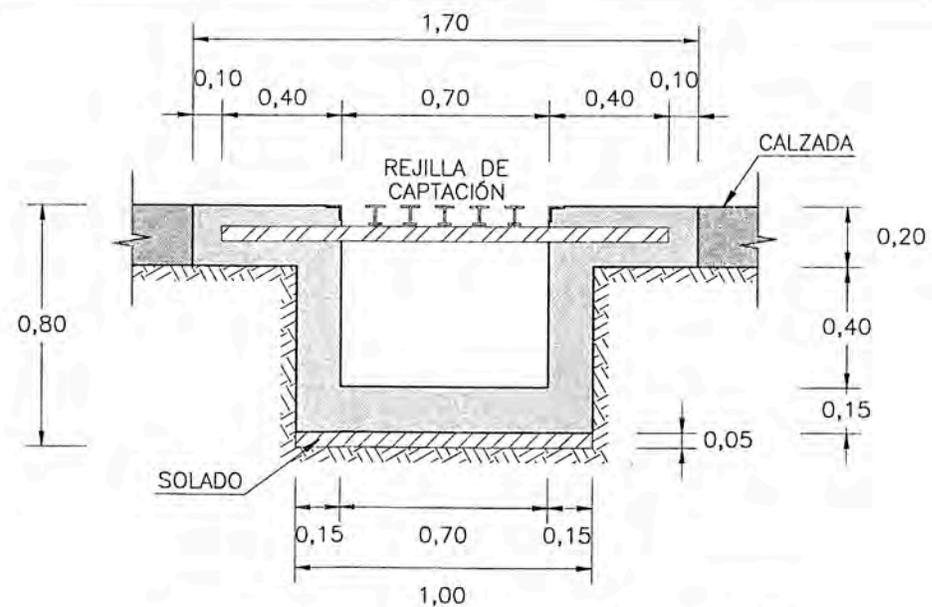
NOTAS :
1.- DIAMETRO INTERNO (DI) DE TUBERIAS DE PVC EN MILIMETROS.



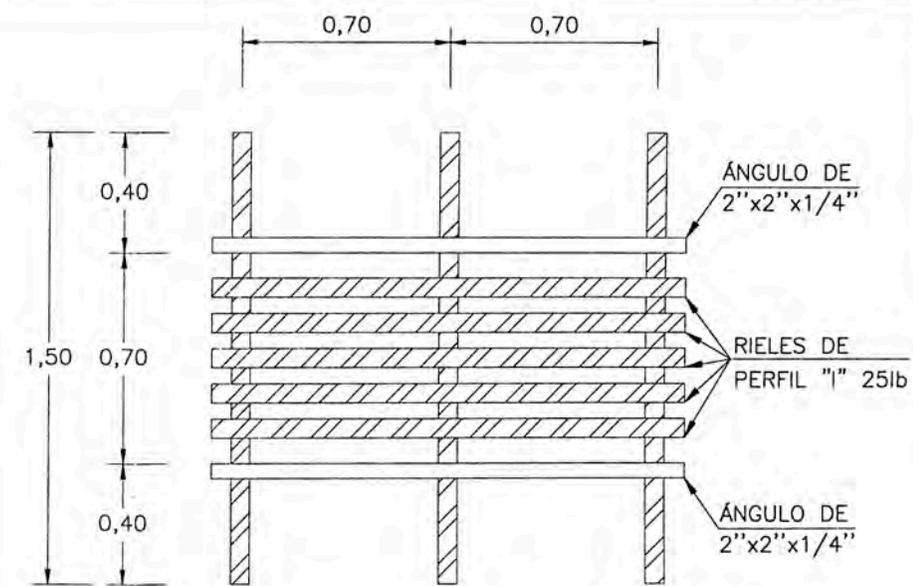
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM				
TÍTULO: RED DE DRENAJE PLUVIAL - PERFILES LONGITUDINALES			PLANO N°: PL-04-02/02	
DIBUJÓ: L.Y.G.	ELABORÓ: L.Y.G.	REVISÓ: M.S.D.	FECHA: DIC 2017	ESCALA: INDICADA



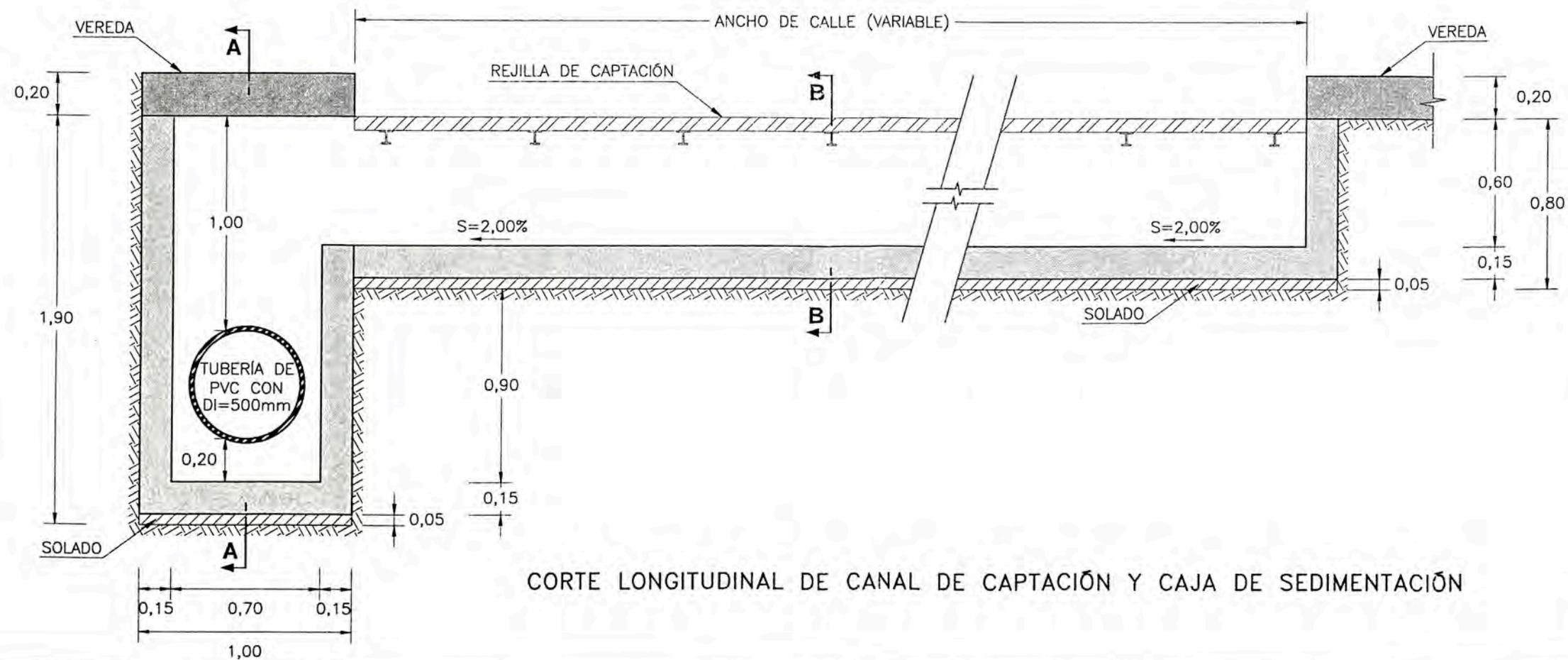
CORTE A-A DE CAJA DE SEDIMENTACIÓN



CORTE B-B DE CANAL DE CAPTACIÓN



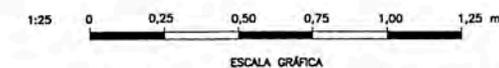
DETALLE DE REJILLA DE CAPTACIÓN



CORTE LONGITUDINAL DE CANAL DE CAPTACIÓN Y CAJA DE SEDIMENTACIÓN

LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f'c=210$ kg/cm ²
	CONCRETO ARMADO $f'c=175$ kg/cm ²
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	RIEL DE PERFIL "1" DE 25 lb
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO DI=500mm
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

NOTAS :
1.- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.

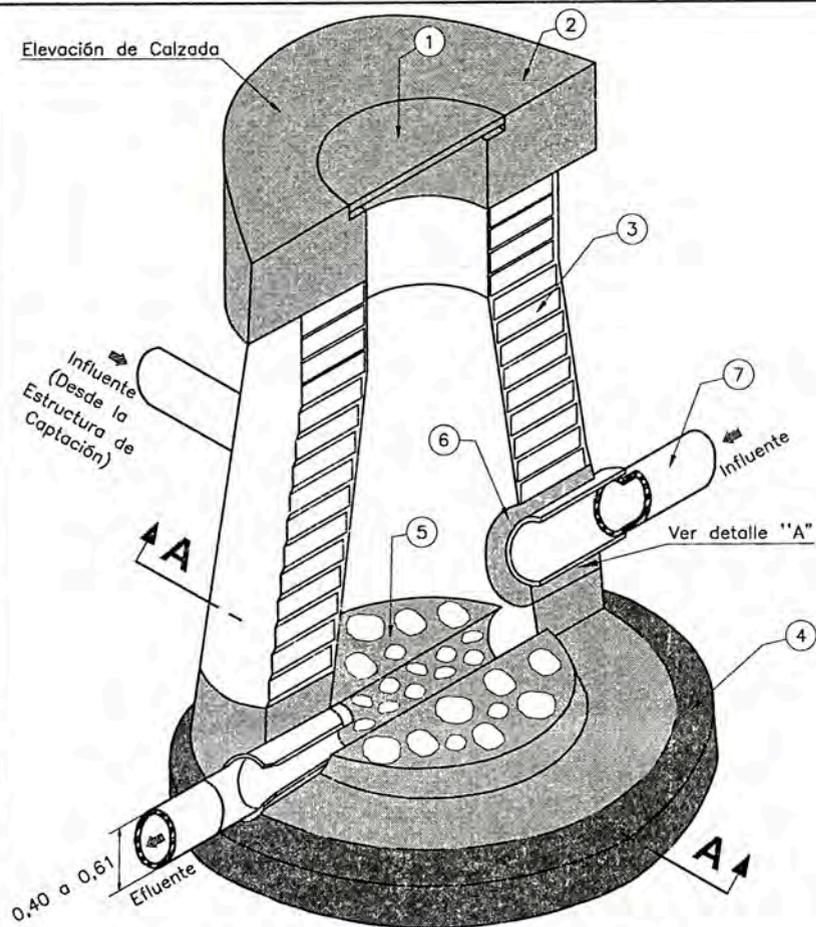


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

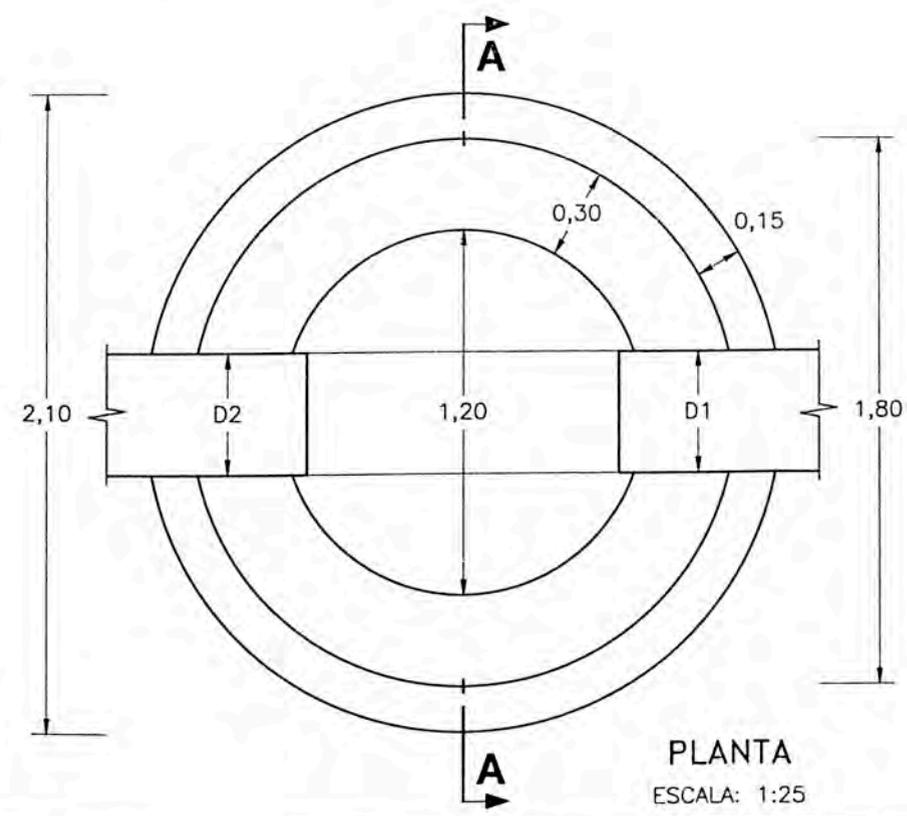
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - DETALLES Y SECCIONES
PLANO N°: PL-05

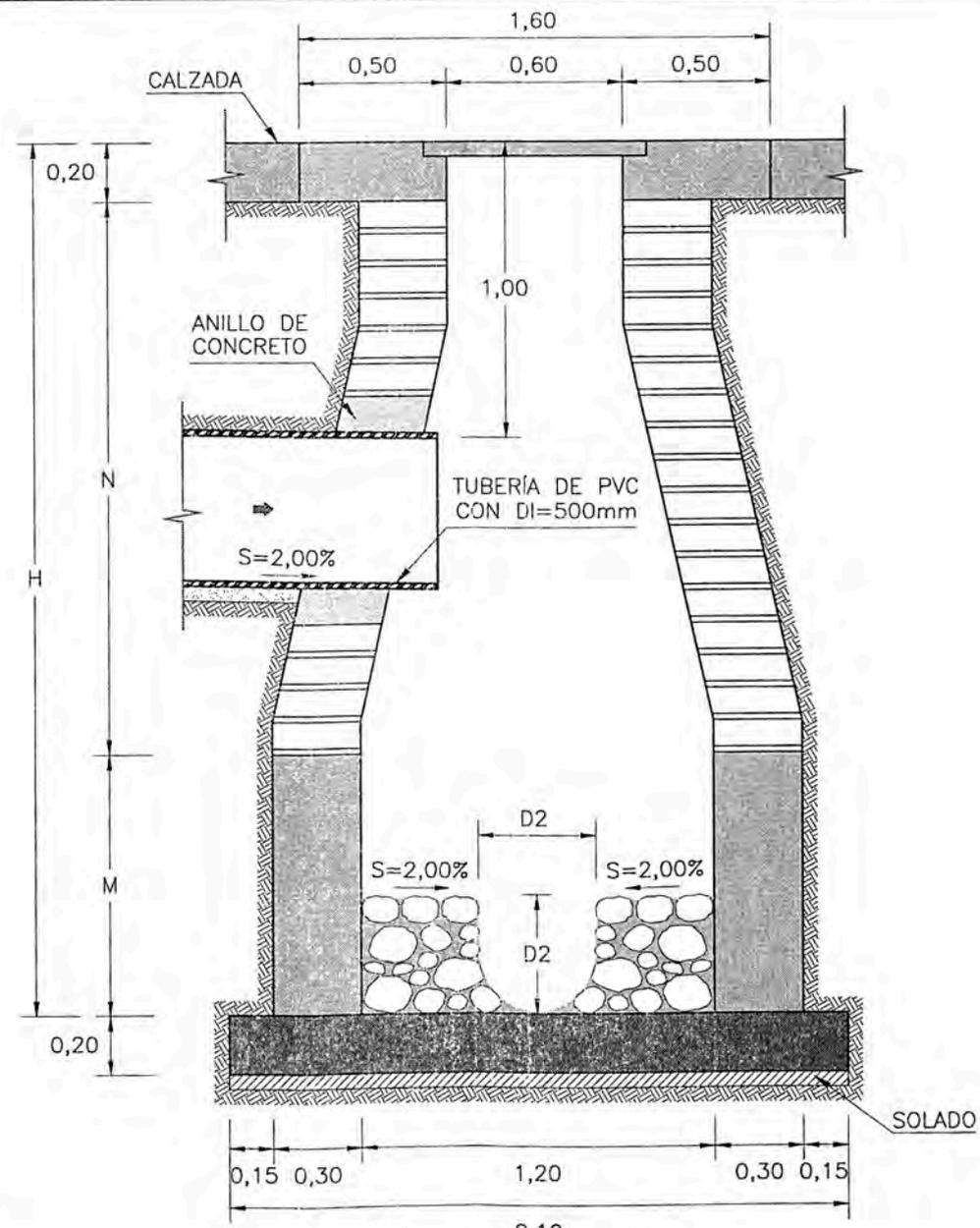
DIBUJÓ: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: 1:25



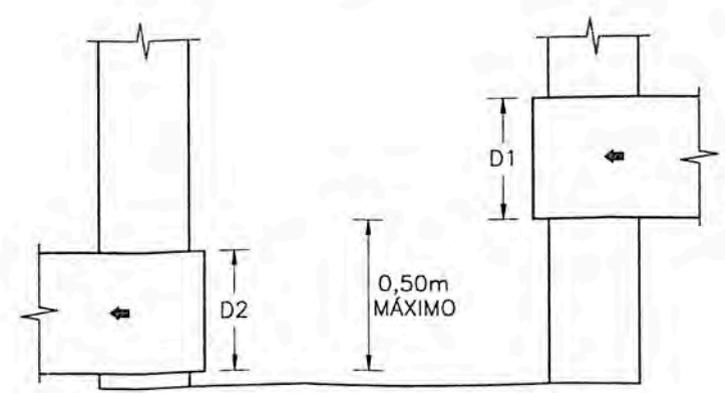
POZO DE VISITA TIPO I PARA
DIÁMETROS DE 0,40m A 0,61m
SIN ESCALA



PLANTA
ESCALA: 1:25



ELEVACIÓN CORTE A-A
ESCALA: 1:25

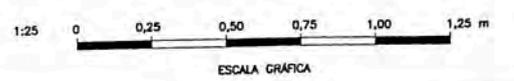


DETALLE "A" DE CAÍDA MÁXIMA
ESCALA: 1:25

Nº	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES					CAÍDA
			D1	D2	H	M	N	
01	BARRANCO	NEV01-01		0,60	2,30	0,80	1,50	
02		NEV01-02	0,60	0,60	2,70	0,80	1,90	
03		NEV01-03	0,60	0,60	2,20	0,80	1,40	
04		NEV01-04	0,60	0,60	2,70	1,30	1,40	0,50
05	BLONDEL	NEV02-01		0,50	2,30	0,70	1,60	
06		NEV02-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
07		NEV02-03	0,50	0,50	2,10	0,70	1,40	
08	LEONCIO	NEV03-01		0,60	2,10	0,80	1,30	
09		NEV03-02	0,60	0,60	2,40	0,80	1,60	
10		NEV03-03	0,60	0,60	2,30	0,80	1,50	
11	LA TORRE 1	NEV04-01		0,50	1,50	0,70	0,80	
12		NEV04-02	0,50	0,50	1,50	0,70	0,80	
13	SILVA	NEV05-01		0,50	2,20	0,70	1,50	
14		NEV05-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
15		NEV05-06	0,60	0,60	2,50	1,30	1,20	0,50
16	BERNAL	NEV06-01		0,50	2,00	0,70	1,30	
17		NEV06-02	0,50	0,50	2,30	0,70	1,60	
18		NEV06-03	0,50	0,50	2,00	0,70	1,30	
19		NEV06-04	0,50	0,50	1,50	0,70	0,80	
20	LA TORRE 2	NEV07-01		0,60	2,30	0,80	1,50	
21		NEV07-02	0,60	0,60	2,10	0,80	1,30	

- ESPECIFICACIONES :
- TAPA DE CONCRETO ARMADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$.
 - ANILLO DE CONCRETO ARMADO $f_c=210\text{kg/cm}^2$.
 - MURO DE LADRILLO COMÚN $9 \times 13 \times 24$ cm CON TARRAJEO INTERIOR Y EXTERIOR.
 - BASE DE CONCRETO ARMADO $f_c=280\text{kg/cm}^2$ CON IMPERMEABILIZANTE.
 - PIEDRA EMBOQUILLADA (CONCRETO $f_c=175\text{kg/cm}^2$ + 60% DE PIEDRA MEDIANA) HASTA LA CLAVE DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
 - ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f_c=210\text{kg/cm}^2$ MÍNIMO DE 0,10 m.
 - TUBERÍAS INFLUYENTES Y EFLUYENTES AL POZO SERÁN DE PVC CORRUGADA.

- NOTAS :
- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
 - ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.12 POZO DE VISITA COMÚN" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MEXICO, 2018.



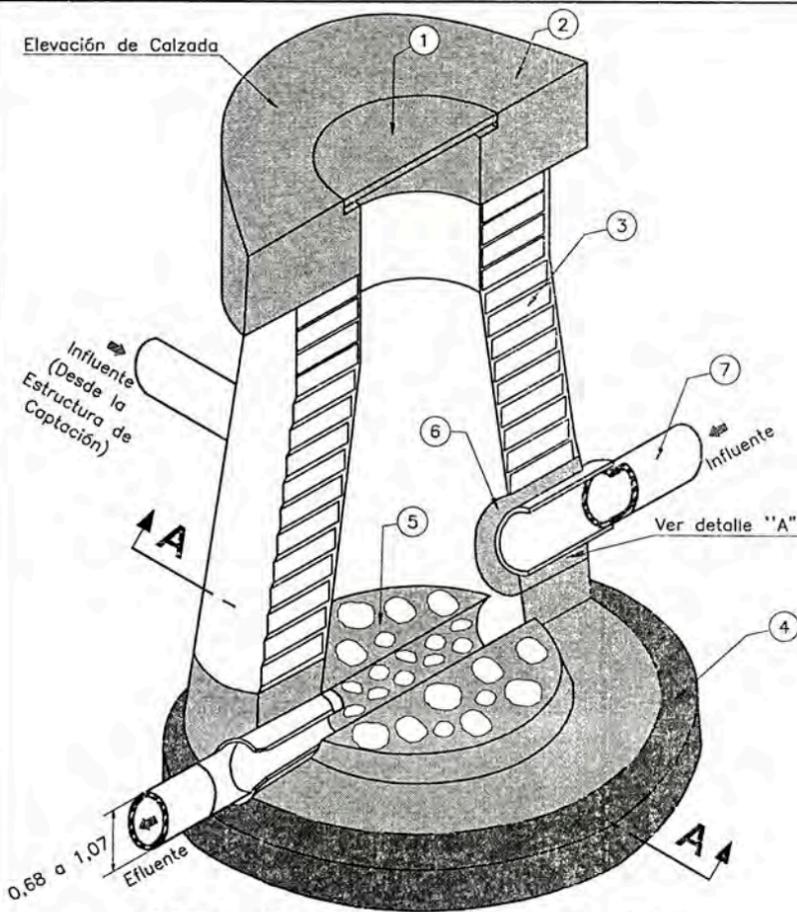
LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f_c=280$ kg/cm ²
	CONCRETO ARMADO $f_c=210$ kg/cm ²
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMBOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO DI=500mm
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

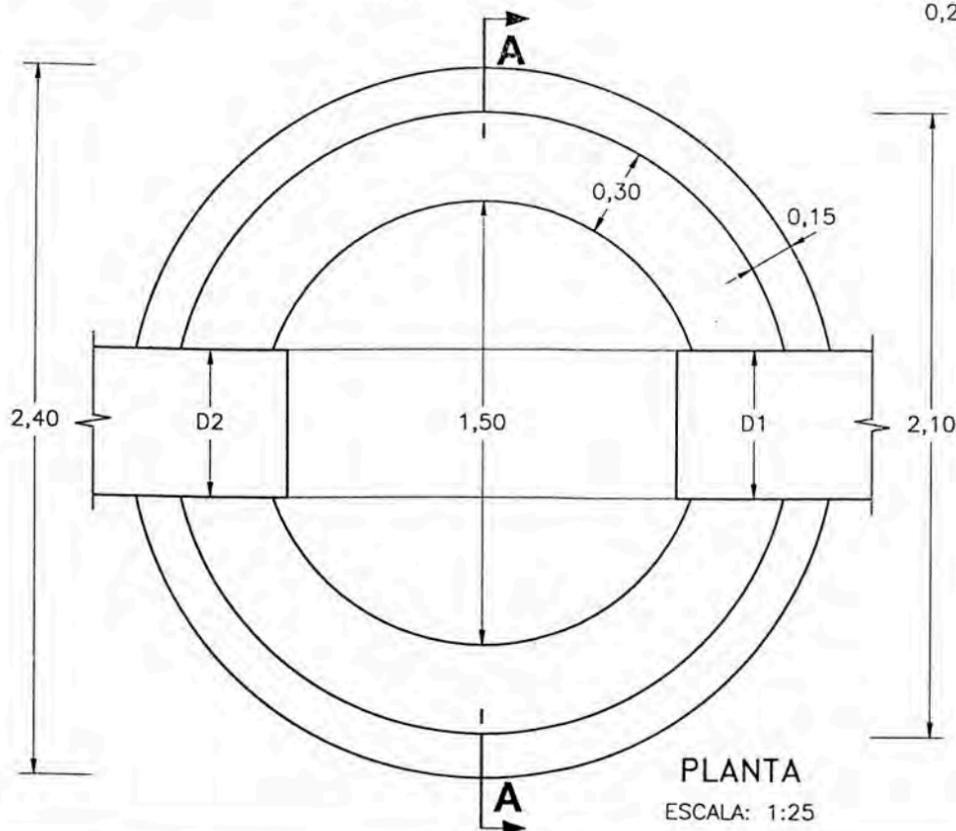
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

TÍTULO: POZO DE VISITA COMÚN TIPO I - DETALLES Y SECCIONES PLANO Nº: PL-06

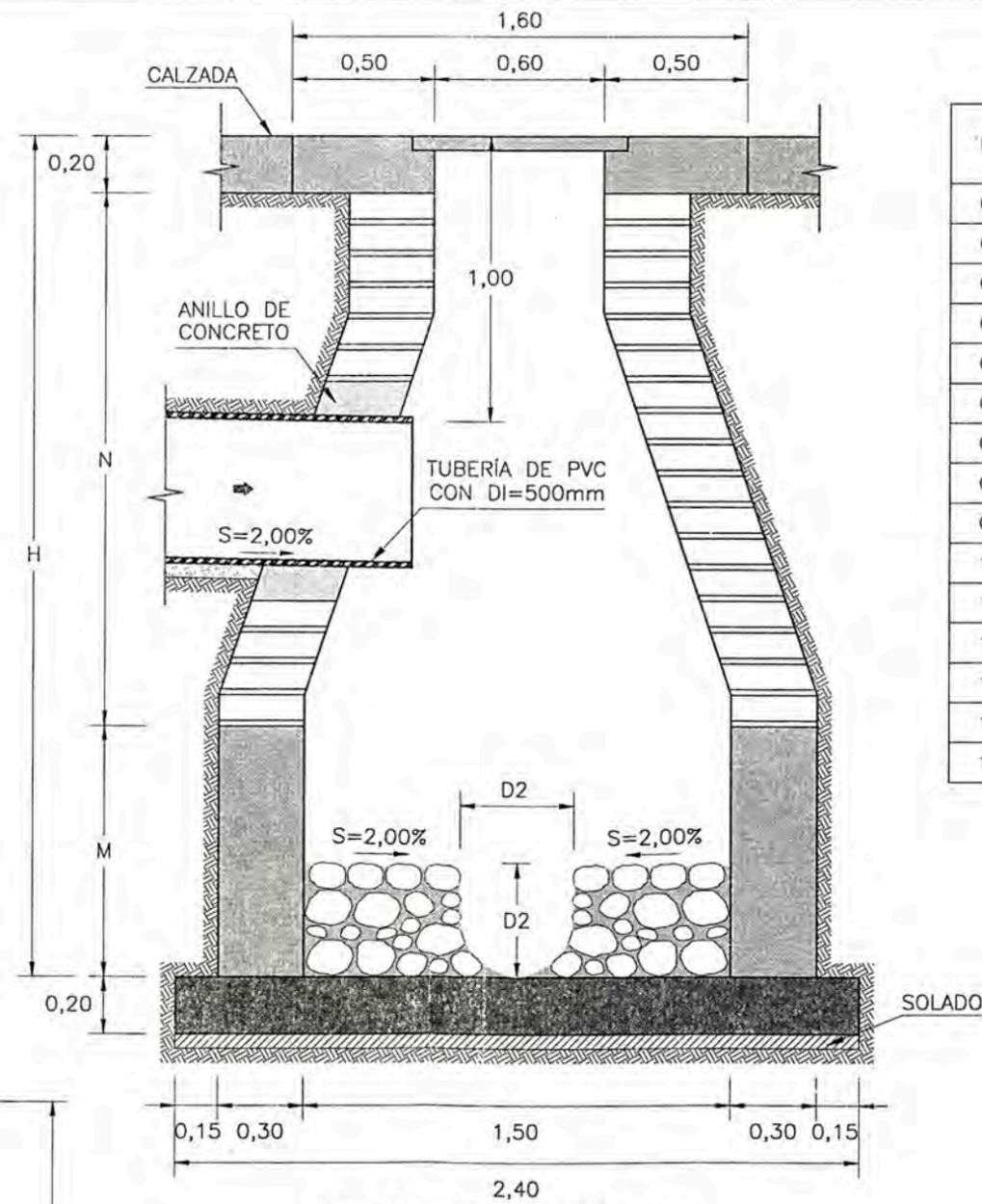
DIBUJO: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA



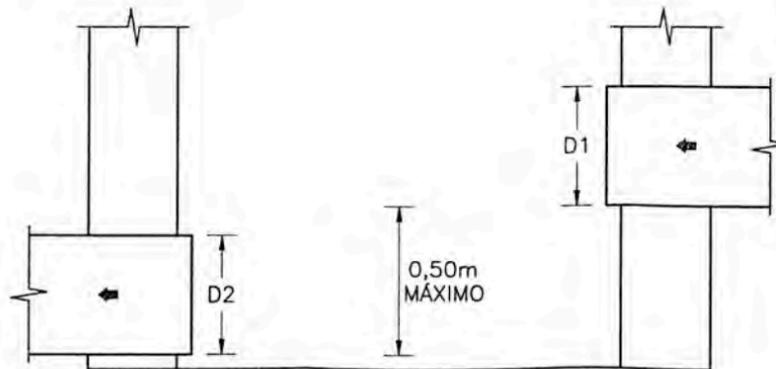
POZO DE VISITA TIPO II PARA
DIÁMETROS DE 0,68m A 1,07m
SIN ESCALA



PLANTA
ESCALA: 1:25



ELEVACIÓN CORTE A-A
ESCALA: 1:25



DETALLE "A" DE CAÍDA MÁXIMA
ESCALA: 1:25

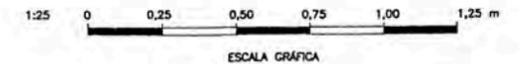
Nº	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES					
			D1	D2	H	M	N	CAÍDA
01	BARRANCO	NEV01-06	0,80	0,80	2,60	1,50	1,10	0,50
02	BLONDEL	NEV02-04	0,50	0,70	2,50	0,90	1,60	0,20
03		NEV02-05	0,70	0,70	1,70	0,90	0,80	
04	SILVA	NEV05-03	0,50	0,70	2,70	0,90	1,80	0,20
05		NEV05-04	0,70	0,70	2,90	0,90	2,00	
06		NEV05-05	0,70	0,60	2,90	1,40	1,50	0,50
07	LA TORRE 2	NEV07-03	0,60	0,80	2,90	1,00	1,90	0,20
08		NEV07-04	0,80	0,80	3,00	1,00	2,00	
09		NEV07-05	0,80	0,80	2,70	1,00	1,70	
10		NEV07-06	0,80	0,80	2,20	1,00	1,20	
11	BOLOGNESI	NEV08-01		0,80	2,40	1,00	1,40	
12		NEV08-02	0,80	0,80	2,70	1,00	1,70	
13		NEV08-03	0,80	0,80	3,00	1,00	2,00	
14		NEV08-04	0,80	0,80	3,60	1,00	2,60	
15		NEV08-05	0,80	0,80	3,70	1,00	2,70	

ESPECIFICACIONES :

- TAPA DE CONCRETO ARMADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- ANILLO DE CONCRETO ARMADO $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- MURO DE LADRILLO COMÚN $9 \times 13 \times 24$ cm CON TARRAJEO INTERIOR Y EXTERIOR.
- BASE DE CONCRETO ARMADO $f'c=280\text{kg/cm}^2$ CON IMPERMEABILIZANTE.
- PIEDRA EMBOQUILLADA (CONCRETO $f'c=175\text{kg/cm}^2$ + 60% DE PIEDRA MEDIANA) HASTA LA CLAVE DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f'c=210\text{kg/cm}^2$ MÍNIMO DE 0,10 m.
- TUBERÍAS INFLUYENTES Y EFLUYENTES AL POZO SERÁN DE PVC CORRUGADA.

NOTAS :

- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
- ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.13 POZO DE VISITA ESPECIAL" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MÉXICO, 2016.



LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
	CONCRETO ARMADO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMBOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO $D_i=500\text{mm}$
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

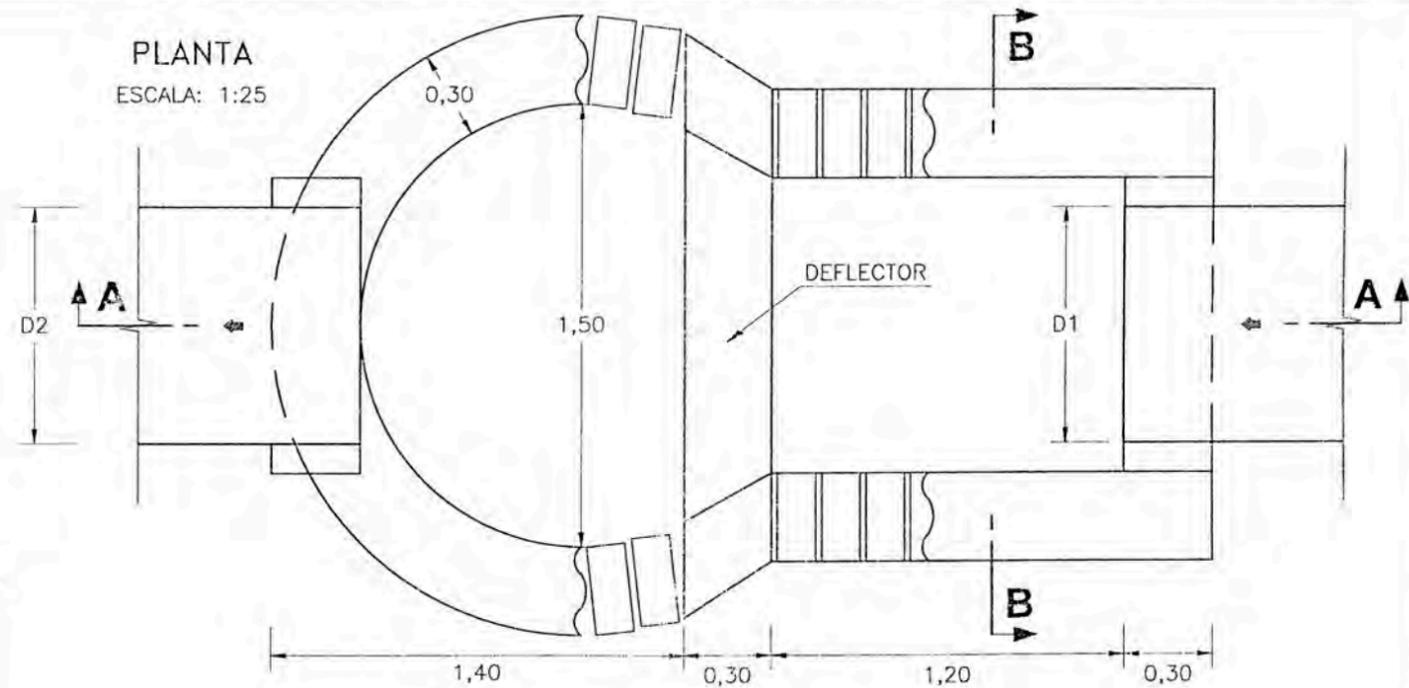
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM

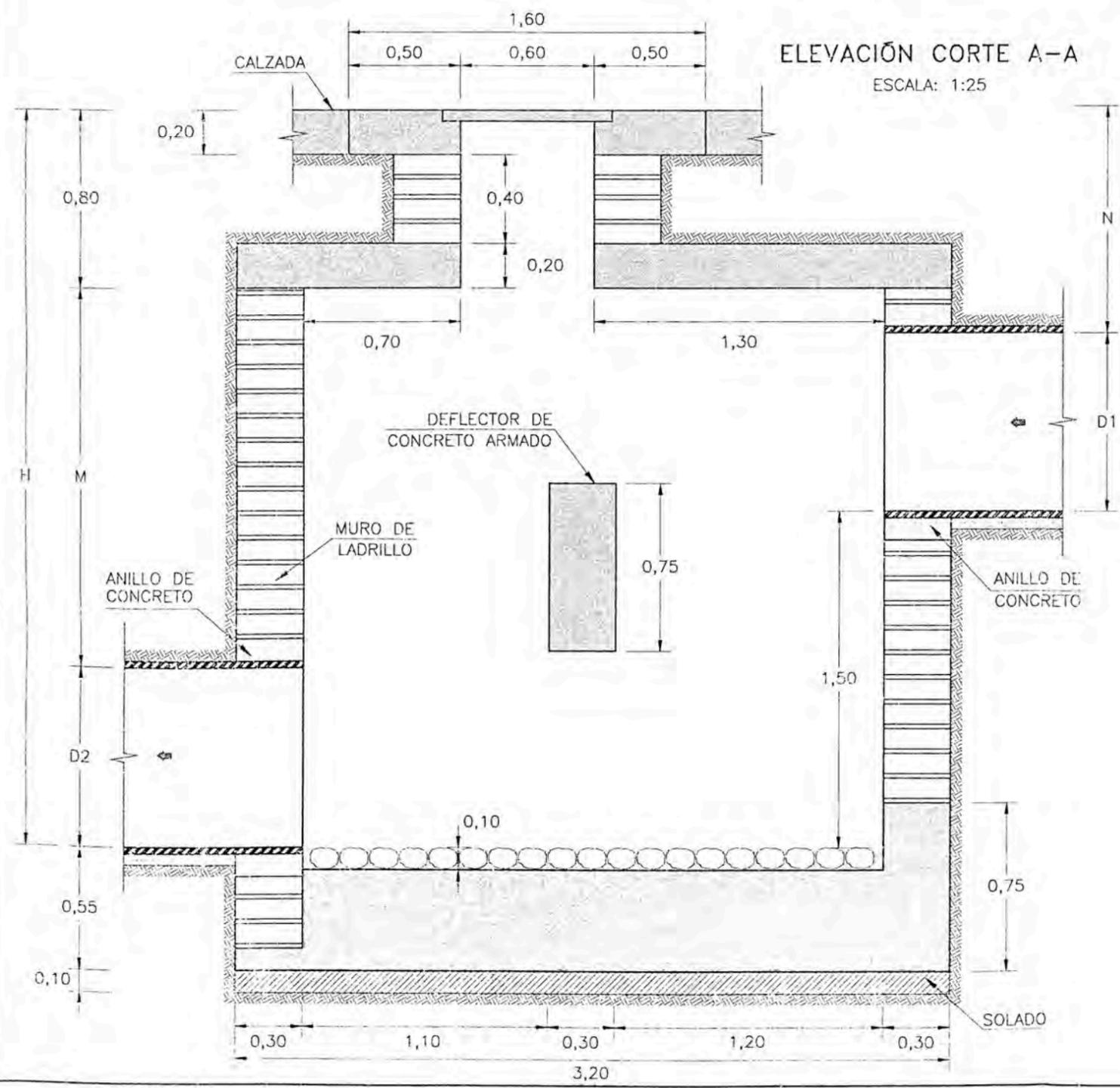
TÍTULO: POZO DE VISITA COMÚN TIPO II - DETALLES Y SECCIONES PLANO N°: PL-07

DIBUJÓ: L.Y.G. ELABORÓ: L.Y.G. REVISÓ: M.S.D. FECHA: DIC 2017 ESCALA: INDICADA

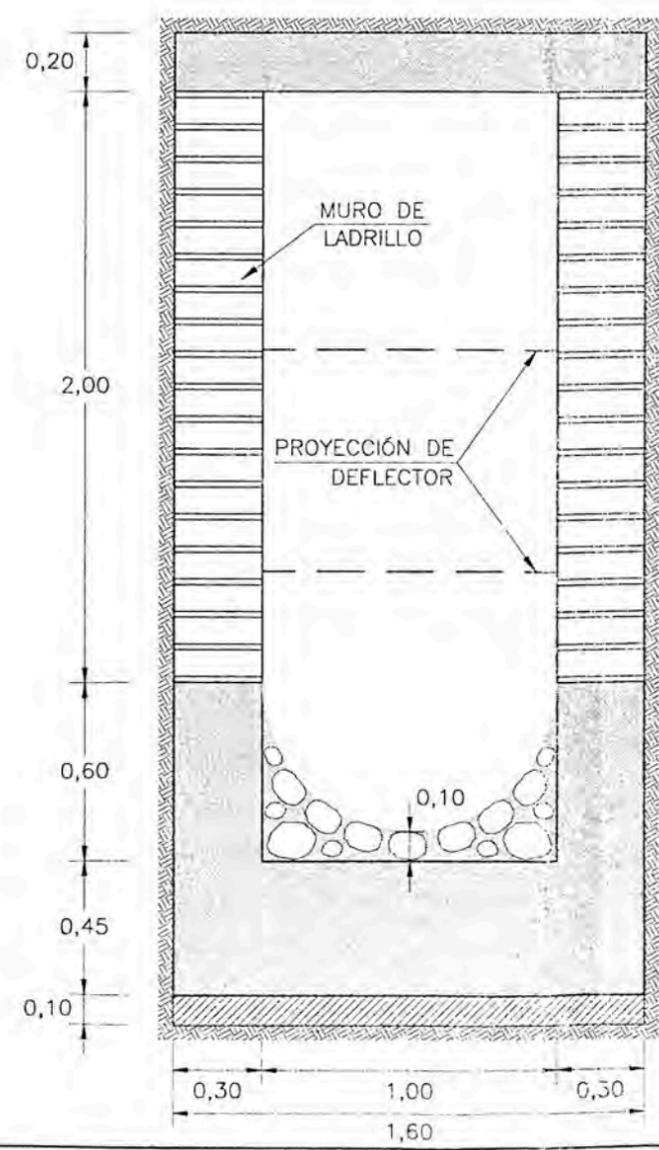
N°	RED PLUVIAL	NOMBRE DEL POZO	DIMENSIONES				
			D1	D2	H	M	N
01	BARRANCO	NEV01-05	0,60	0,80	3,70	2,10	1,60
02	BOLOGNESI	CEV08-01	0,80	0,80	3,80	2,20	1,50
03		CEV08-02	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00
04		CEV08-03	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00
05		CEV08-04	0,80	0,80	3,30	1,70	1,00



ELEVACIÓN CORTE A-A
ESCALA: 1:25

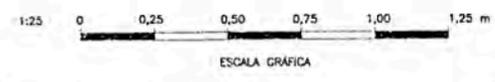


ELEVACIÓN CORTE B-B
ESCALA: 1:25



LEYENDA	
	CONCRETO ARMADO f'c=210 kg/cm ²
	CONCRETO SIMPLE PARA SOLADO
	PIEDRA EMOQUILLADA
	SENTIDO DE FLUJO
	TUBERÍA DE PVC CON DIÁMETRO INTERNO D _i =500mm
	CAMA DE ARENA
	TERRENO NATURAL

NOTAS :
 1.- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN METROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
 2.- ESTE PLANO ES UNA ADAPTACIÓN DEL "PLANO B.19 POZO CON CAÍDA Y DEFLECTOR INTERIOR" DEL "MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DRENAJE PLUVIAL URBANO" DE LA CONAGUA DE MÉXICO, 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: ESTUDIO DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA CIUDAD DE CAJAMARCA-CAJAMARCA UTILIZANDO LOS MODELOS HIDROLÓGICOS HEC-HMS, HEC-RAS Y SWMM				
TÍTULO: POZO CON CAÍDA CON PLANTILLA DEFLECTORA DE 1,50 m				PLANO N°: PL-08
ELABORÓ: L.Y.G.	REVISÓ: M.S.D.	FECHA: DC 2017	ESCALA: INDICADA	