

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

TEMA: “LAS MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO ENTRE LOS TRAMOS COMPRENDIDOS EN LAS ABSCISAS 1+119,28 _ 2+700,00 Y SU INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES”

AUTORA: Maricela Viviana Santamaría Solís

TUTOR: Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño

AMBATO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño certifico que la presente tesis de grado realizada por la Srta. Maricela Viviana Santamaría Solís egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito, bajo el tema “LAS MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO ENTRE LOS TRAMOS COMPRENDIDOS EN LAS ABSCISAS 1+119,28 _ 2+700,00 Y SU INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES”

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño

AUTORÍA

Yo, Maricela Viviana Santamaría Solís, CI. 180283094-1 egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el presente trabajo de graduación elaborada bajo el tema: “LAS MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO ENTRE LOS TRAMOS COMPRENDIDOS EN LAS ABSCISAS 1+119,28 _ 2+700,00 Y SU INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES”, es de mi completa autoría y responsabilidad y fue realizado en el período Noviembre 2014 – Abril 2015.

Maricela Viviana Santamaría Solís

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a:

A mi padre: Daniel Santamaría, que desde el paraíso eterno; cuidó de mí, durante todo mi proceso académico y mi vida, por que tan solo con una mirada hacia el cielo las fuerzas retornaban para triunfar.

A mi madre: Rosa Solís, el pilar principal en el transcurso de mi vida, porque es quién me dio el apoyo, sacrificio y perseverancia, me impulso a culminar esta etapa.

A mi esposo: Diego Layedra, por su amor, respaldo, apoyo incondicional, por sus palabras de ánimo, por estar siempre presente cuando lo necesito y mucho más ahora en la culminación de una etapa más en mi vida.

A mi hija: Emily Dannett, quien es la razón de mi deseo de superación, que en mi vientre fue mi compañía, formo parte de mi vida universitaria y durante este proyecto me colmo de alegría con su ternura e ingenuidad, brindándome el valor y el coraje para culminar con éxito este camino.

A mis hermanos: Daniel, Guadalupe, Ana, Diego y Christian, que me han sabido apoyar con su amistad, paciencia y confianza incondicional para culminar mis estudios y así cumplir un sueño.

Viviana Santamaría

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre ejemplo maravilloso de fe, amor y esperanza, que mi esfuerzo compense en algo todo el cariño y comprensión que me ha sabido brindar.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil, a sus dignas autoridades que me abrieron las puertas para formarme como una profesional.

Al Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño, por guiarme durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato en especial a la Ing. Ivon Mayorga, directora de la Unidad de Gestión de Proyectos.

Al Ing. Carlos Barahona Sáenz, Fiscalizador de la Construcción del Colector Víctor Hugo, por la oportunidad de compartir sus experiencias profesionales y facilitar mi participación en la ejecución de un estudio académico.

Viviana Santamaría

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV

B. ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	16
EL PROBLEMA	16
1.1 TEMA:.....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	16
1.2.1.1 MACRO	16
1.2.1.2 MESO	19
1.2.1.3 MICRO	19
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	21
1.2.3 PROGNOSIS	21
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21

1.2.5 INTERROGANTES	22
1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	22
1.2.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	22
1.2.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	23
1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO	23
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO II	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	25
FUENTE DE INFORMACIÓN.....	27
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	27
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	28
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	29
2.4.1 SUPRA ORDINACIÓN DE LAS VARIABLES.....	29
2.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	31
2.4.2.1 DEFINICIONES.....	31
2.4.3 VARIABLE DEPENDIENTE.....	35
2.5 HIPÓTESIS	39
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	39
2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	39
2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	39
2.6.3 NEXO	39
2.6.1 UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	39
CAPÍTULO III.....	40
METODOLOGÍA	40

3.1	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	41
3.3.1	POBLACIÓN	41
3.3.2	MUESTRA	42
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
3.5	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	45
3.5.1	DISEÑO DEFINITIVO DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO.....	45
3.5.1.1	JUSTIFICATIVO.....	45
3.5.1.2	ÁREA DEL PROYECTO Y COBERTURA	46
3.5.1.3	CAUDAL DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO ..	47
3.5.1.3.1	CAUDAL DEL COLECTOR.....	47
3.5.1.3.2	CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES	48
3.5.1.3.3	CAUDAL MÁXIMO HORARIO O CAUDAL INSTANTÁNEO....	48
3.5.1.3.4	COEFICIENTES DE DISEÑO	49
3.5.1.4	CAUDALES DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ..	49
3.5.1.4.1	INTENSIDAD DE LLUVIA (I)	50
3.5.1.4.2	PERÍODO DE RETORNO O LLUVIA DE DISEÑO (T)	51
3.5.1.4.3	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)	51
3.5.1.4.4	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (t)	52
3.5.1.4.5	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN INICIAL (tc).....	52
3.5.1.4.6	TIEMPO DE RECORRIDO (tr).....	53
3.5.1.4.7	CAUDAL DE DISEÑO SANITARIO Y PLUVIAL	53
3.5.1.5	CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO	55
3.5.1.5.1	PENDIENTE MÍNIMA	55

3.5.1.5.2	PENDIENTE MÁXIMA	56
3.5.1.5.3	VELOCIDAD DE FLUJO.....	56
3.5.1.6	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO.....	61
3.5.1.7	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL DISEÑO.....	62
3.5.1.7.1	AIREACIÓN	64
3.5.1.7.2	CANAL INTERIOR DE AGUAS SANITARIAS	64
3.5.1.7.3	CONEXIONES DOMICILIARIAS	64
3.5.1.8	RECOMENDACIONES AL COLECTOR VÍCTOR HUGO.....	65
3.5.2.	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS ORIGINALES DEL TÚNEL.	67
3.5.3.	MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL TÚNEL.....	69
3.6.	PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN; Error! Marcador no definido.	
	CAPÍTULO IV.....	74
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	74
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	74
4.2	INTERPRETACIÓN DE DATOS	75
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	75
	CAPÍTULO V.....	77
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1	CONCLUSIONES.....	77
5.2	RECOMENDACIONES	78
	CAPÍTULO VI.....	79
	PROPUESTA.....	79
6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	79
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	81

6.3	JUSTIFICACIÓN	81
6.4	OBJETIVOS	81
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	82
6.5.1	STORM WATER MANAGEMENT MODEL 5	82
6.6	FUNDAMENTACIÓN	85
6.6.1	COEFICIENTE DE MANNING	85
6.6.2	DISIPADORES DE ENERGÍA	89
6.6.3	DESCARGADORES VERTICALES	90
6.7	METODOLOGÍA.....	94
6.7.1	MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE ALCANTARILLADO MODIFICADO.....	94
6.7.2	MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE ALCANTARILLADO MODIFICADO CORREGIDA	106
6.7.3	DISEÑO HIDRÁULICO DE POZO DE BANDEJAS ADECUADO PARA EL TRAMO DE MÁXIMA PENDIENTE.....	119
6.7.4	DIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO	122
6.7.5	TRANSICIÓN	134
6.7.5.1	TRANSICIÓN RECTA DISEÑO SIMPLIFICADO DE TRANSICIONES.....	135
6.7.6	CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO	141
	BIBLIOGRAFÍA	142
	ANEXOS	145

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 VELOCIDADES MÁXIMAS A TUBO LLENO Y COEFICIENTES DE RUGOSIDAD RECOMENDADOS	38
TABLA N° 2 UNIDADES DE OBSERVACIÓN	41
TABLA N° 3 VARIABLE INDEPENDIENTE: MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO...	43
TABLA N° 4 VARIABLE DEPENDIENTE: PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES.....	44
TABLA N° 5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	45
TABLA N° 6 COEFICIENTES DE LA INTENSIDAD DE LLUVIAS	50
TABLA N° 7 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA "C"	51
TABLA N° 8 CAUDALES APORTANTES AL COLECTOR VÍCTOR HUGO	54
TABLA N° 9 VELOCIDADES DE FLUJO RECOMENDADAS.....	58
TABLA N° 10 VELOCIDAD EN EL COLECTOR VÍCTOR HUGO.....	59
TABLA N° 11 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO	62
TABLA N° 12 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS ORIGINALES DEL TÚNEL	67
TABLA N° 13 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS DEL TÚNEL MODIFICADO	69
TABLA N° 14 PROFUNDIDADES MODIFICADAS AL TÚNEL.....	73
TABLA N° 15 PENDIENTES ORIGINALES Y PENDIENTES CONSTRUIDAS	74
TABLA N° 16 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING	88
TABLA N° 17 DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA VALORES REALES	98
TABLA N° 18 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MODELO HIDRÁULICO TÚNEL MODIFICADO	105
TABLA N° 19 DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA VALORES ENSAYADOS	110
TABLA N° 20 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MODELO HIDRÁULICO TÚNEL MODIFICADO	117
TABLA N° 21 CONSTANTE K Y DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LAS BANDEJAS	124
TABLA N° 22 VALORES MÍNIMOS PARA LAS DIMENSIONES L_i DE LA GEOMETRÍA DE LA BANDEJA.....	125
TABLA N° 23 EXPRESIONES DE CÁLCULO	131
TABLA N° 24 EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN POZO DE BANDEJA	132
TABLA N° 25 COEFICIENTE "C" DE TRANSICIÓN.....	138

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°.- 1 DELIMITACIÓN ESPACIAL DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO.....	22
GRÁFICO N°.- 2 SUPRA ORDENACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	30
GRÁFICO N°.- 3 SUPRA ORDENACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE.....	30
GRÁFICO N°.- 4 ÁREA DE DRENAJE.....	47
GRÁFICO N°.- 5 DEFINICIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE.....	57
GRÁFICO N°.- 6 MEDICIÓN DE CONVERGENCIAS EN TÚNEL.....	66
GRÁFICO N°.- 7 PERFIL EN PLANTA DEL TÚNEL ORIGINAL.....	68
GRÁFICO N°.- 8 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL ORIGINAL.....	68
GRÁFICO N°.- 9 PERFIL EN PLANTA DEL TÚNEL MODIFICADO.....	70
GRÁFICO N°.- 10 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL MODIFICADO.....	71
GRÁFICO N°.- 11 PERFIL EN PLANTA DE TÚNEL ORIGINAL Y MODIFICADO.....	72
GRÁFICO N°.- 12 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL ORIGINAL Y MODIFICADO.....	72
GRÁFICO N°.- 13 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	80
GRÁFICO N°.- 14 POZO SIMPLE DE CAÍDA VERTICAL.....	91
GRÁFICO N°.- 15 POZO DE BANDEJA TOMADO DEL ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO DE QUITO.....	93
GRÁFICO N°.- 16 A) GEOMETRÍA PARA FLUJO SUB CRÍTICO, B) GEOMETRÍA PARA FLUJO SUPERCRÍTICO.....	94
GRÁFICO N°.- 17 PERFIL DE LÁMINA DE AGUA.....	102
GRÁFICO N°.- 18 LÍNEA DE PENDIENTE.....	103
GRÁFICO N°.- 19 LÍNEA DE VELOCIDAD CON VALORES REALES.....	104
GRÁFICO N°.- 20 LÍNEA DE CAPACIDAD.....	104
GRÁFICO N°.- 21 PERFIL DE LÁMINA DE AGUA CON DATOS ENSAYADOS.....	114
GRÁFICO N°.- 22 LÍNEA DE PENDIENTE ENSAYADA.....	115

GRÁFICO N°.- 23	LÍNEA DE VELOCIDAD CON VALORES ENSAYADOS	116
GRÁFICO N°.- 24	LÍNEA DE CAPACIDAD CON VALORES ENSAYADOS	116
GRÁFICO N°.- 25	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN POZO DE BANDEJA CON REJA	119
GRÁFICO N°.- 26	SECCIÓN DE TÚNEL VÍCTOR HUGO	120
GRÁFICO N°.- 27	VISTA EN PLANTA DE CÁMARA DE INSPECCIÓN AL INGRESO DEL TÚNEL	121
GRÁFICO N°.- 28	VISTA EN PLANTA DE CÁMARA DE INSPECCIÓN AL INGRESO DEL TÚNEL	123
GRÁFICO N°.- 29	VARIABLES DE LA GEOMETRÍA FINAL RECOMENDADA DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL	125
GRÁFICO N°.- 30	VARIABLES DE LA GEOMETRÍA RECOMENDADA EN ELEVACIÓN	126
GRÁFICO N°.- 31	CORTE VERTICAL DE LA CÁMARA DE DISIPACIÓN	127
GRÁFICO N°.- 32	CORTE A´A DE LA CÁMARA DE DISIPACIÓN	127
GRÁFICO N°.- 33	ÁBACOS DE DISEÑO	128
GRÁFICO N°.- 34	GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA VÍCTOR HUGO	129
GRÁFICO N°.- 35	MODELO DE REJILLA VÍCTOR HUGO	130
GRÁFICO N°.- 36	DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA VÍCTOR HUGO	133
GRÁFICO N°.- 37	TRANSICIÓN DE UN CANAL	135
GRÁFICO N°.- 38	VISTA EN PLANTA DE UNA TRANSICIÓN	136
GRÁFICO N°.- 39	DIFERENCIA DE ALTURAS ENTRE ESPEJOS DE AGUA	136
GRÁFICO N°.- 40	TRANSICIÓN DE ENTRADA	139
GRÁFICO N°.- 41	TRANSICIÓN DE SALIDA	140

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1 TÚNEL TERMINADO.....	120
FOTOGRAFÍA N° 2 POZO DE INGRESO A TÚNEL	121

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo está enfocado en realizar el análisis hidráulico del colector tipo túnel Víctor Hugo modificado, en el tramo comprendido desde la abscisa 1+119,28 ubicada en la av. Víctor Hugo y Acosta Solís hasta la abscisa 2+700,00 ubicada en la av. Víctor Hugo y Tres Carabelas de la ciudad de Ambato; con la finalidad de determinar la incidencia en los parámetros hidráulicos del flujo.

Su metodología está direccionada al análisis, mediante un software de libre acceso denominado EPA-SWMM-5 (STORM WATER MANAGEMENT MODEL), de las modificaciones ejecutadas al diseño original del colector, que permitirá obtener datos formales de los acontecimientos hidráulicos a los que fue sometida la estructura.

En tal virtud se desarrolló esta tesis con los planos originales y los planos modificados, determinando en estos que en los planos principales solo se contaba con una longitud de 950,40 m, al realizarse la modificación se incrementa a una longitud de 1.580,72 m, lo que motiva a realizar una investigación en la cual se identifiquen los inconvenientes hidráulicos.

Una vez procesada la información y en vista de que el proyecto presenta un ahogamiento de caudal en los primeros pozos de revisión además de una gradiente pronunciada que supera el 100%; se determina realizar un diseño óptimo para el tramo de máxima pendiente, que permita al flujo hidráulico transitar mediante parámetros aceptables.

Se ha elaborado un diseño recomendable para el tramo de máxima pendiente denominado pozo de bandeja, con la estructura de transición de entrada y salida, evitando desbordamiento o exceso de flujo y logrando que la estructura trabaje favorablemente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA:

“Las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28 _ 2+700,00 y su incidencia en los parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1 MACRO

GAD Municipal de Santo Domingo construye alcantarilla tipo túnel en el centro de la ciudad

“Una alcantarilla colector de $a=1.50$ m y $h= 1,75$ m, se construye en el lecho del estero Pupusá, ubicada en el casco central de la ciudad de Santo Domingo, con una inversión de \$ 2'072 000”

“El colector sustituye a la antigua alcantarilla que tiene 40 años, la cual cumplió su vida útil. El estero Pupusá cruza el centro de la ciudad recogiendo aguas residuales y lluvias del centro cantonal” (Gad Municipal de Santo Domingo, 2014).

Lo que antes era una quebrada, ahora es parte de la ciudad con la ubicación de casas de hormigón armado, donde gran parte de los pozos de revisión se hallan en áreas cerradas de vivienda.

Colector antiguo de la Florida produjo hundimientos

“En los sectores de La Florida y La Concepción, cerca de la avenida De La Prensa, al norte de Quito, se construye un nuevo colector que pondrá fin a las inundaciones que se generan en la época invernal” (Noticias Quito, 2014).

El desgaste de los antiguos colectores produjeron filtraciones de agua que socavaron las calles; a partir de esto la (EPMAPS) Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, hace la reparación temporal de los mismos hasta que concluyan los mismos.

Según el diario (Noticias Quito, 2014).

La función principal del colector de refuerzo La Prensa es la de aliviar los caudales de lluvia que circulan por los colectores antiguos ubicados en la Concepción, Runachanga, Valdivieso y San Lorenzo, que desembocan en la Av. De La Prensa. Con ello se busca prevenir las inundaciones en la zona del ex aeropuerto Mariscal Sucre.

Tres colectores beneficiarán a 100 000 habitantes en Quito

“La realización del proyecto para el Mejoramiento de colectores, protección de laderas y cauces de las cuencas entre las quebradas Cuscungo y Clemencia”, tiene un 70% de avance y culminarán en diciembre de este año. Los trabajos implican la construcción de tres nuevos colectores que beneficiarán aproximadamente a 100 mil habitantes del suroriente de Quito”.

Según el (Ecuador, 2014) menciona:

La inversión para esta obra es de \$ 3'960765,83 y abarca la construcción de tres colectores principales en túnel tipo baúl: Conchas Azules, Alpahuasi, Noviciado. Hace 60 años esta era una zona de baja densidad poblacional y aquí se han asentado miles de personas y por eso se han pavimentado calles que recogen aguas lluvias hacia los sumideros, que a su vez no abastecen la captación de estas aguas razón por la cual colapsan los sistemas de colectores. Adicionalmente este sistema separa el agua lluvia de las aguas servidas lo cual contribuirá al sistema hídrico para recuperar el machángara.

Un túnel para impedir las inundaciones en el norte

Finalizó la construcción del canal abierto y túnel en la quebrada Jatunhuaycu. La obra ayudará a contener el exceso de agua lluvia y sanitaria de los sectores El Labrador, Jipijapa y Aeropuerto. La inversión ascendió a USD 20 millones. Se trata de túneles tipo bóveda de 4,40 m con una capacidad de hasta 90 m³/seg. Estos aliviarán la presión de los colectores Galo Plaza, Central El Inca y Central Ñaquito. Otro de los propósitos es evitar las inundaciones en esos sectores durante el invierno. Los trabajos beneficiarán a 560 000 habitantes de la zona y estaban a cargo de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), El canal y el túnel se suman a las acciones ejecutadas como prevención y respuesta a la temporada lluviosa.

El promedio mensual de precipitaciones acumuladas en enero, febrero y marzo rebasó los índices mensuales normales. Por ejemplo, en enero se registraron 187,15 mm cuando el promedio es de 91,8 mm” (El Comercio, 2014)

1.2.1.2 MESO

Arrancó la construcción del colector Víctor Hugo. El objeto de la construcción del colector Víctor Hugo es la de solucionar la descarga de aguas servidas en la ciudad de Ambato. Además de rehabilitar y ampliar la infraestructura sanitaria para mejorar las condiciones de salud de la población, al tiempo de recuperar la calidad del agua del río Ambato y sus afluentes. Se identifican tres tramos en el colector, los cuales se distribuyen desde la Av. Bolivariana, a la altura del colegio Guayaquil; el Centro Comercial Mall de los Andes y la Av. Manuelita Sáenz, en el sector del colegio Indoamérica. Se ha comenzado a trabajar en el primer tramo.

Aquí se han cerrado transitoriamente el carril derecho de la avenida, a la altura del colegio Guayaquil, con dirección al Mercado Mayorista. El tramo del corte vehicular se muestra debidamente señalizado y cuenta con la presencia de agentes de la Policía de Tránsito que vigilan el orden.

Existe la restricción de acceso vehicular y peatonal a los domicilios, movimiento de equipo pesado y traslado de material de construcción, y cierre de algunas vías de acceso.

La longitud del colector Víctor Hugo es de 3.267 m, costará aproximadamente 2'200,000 y tiene un plazo de entrega de 390 días. Con la obra también se evitarán inundaciones en el área de influencia, disminuyendo los daños de la infraestructura pública y privada de la zona...” (El Telégrafo, 2014)

1.2.1.3 MICRO

Ambato se ubica en una hondonada, lo que la convierte en una ciudad vulnerable para las inundaciones. La parroquia Santa Rosa, ubicada en la zona alta de la ciudad, por la vía ecológica que aún no estaba pavimentada, resultó afectada, y los escombros acarreados desde ese lugar bajaron hasta Miraflores, el cual terminó inundado.

El deficiente sistema de recolección de agua lluvia no abastece y a la inusitada caída de lluvia termina por inundarlas. Entre los colectores construidos en Ambato, el más grande y el último en su tipo es el colector en la avenida Víctor Hugo. El proyecto está financiado por el Banco del Estado, con técnicas avanzadas de construcción y que en su enorme estructura, en forma de túnel, recoge las aguas residuales de las zonas altas de Ambato.

Con la construcción del túnel se garantiza el servicio diario de evacuación de aguas residuales protegiendo a la ciudad de grandes inundaciones y crecidas. El costo de la obra es de \$ 42 245 800 y forma parte del proyecto de construcción del sistema de agua potable Chiquiurco y colector Víctor Hugo que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales para el cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua.

La obra fue diseñada para un período de retorno de 200 años y proyectada para responder al crecimiento poblacional de la ciudad en 50 años. “El colector Víctor Hugo se convierte en sinónimo de progreso, porque aumenta la cobertura en alcantarillado de un 56% a un 98%. La obra beneficiará a 249 189 ambateños en este año”

El colector tipo túnel Víctor Hugo en las abscisas 1+119,15 hasta la 2+700.00 debido al tipo de cargas actuantes sobre la estructura, se considera la sección tipo baúl, es decir de forma rectangular en la parte inferior, y cubierta con un arco semicircular en la parte superior, compuesta por una sola cámara para el flujo de caudales.

El colector de sección interna 2.60 x 2.90 metros se diseña en hormigón armado, con paredes de 20 centímetros, losa superior de 20 centímetros y losa inferior de 30 centímetros de espesor. La geometría para esta estructura cerrada con arco semicircular tiene excelentes características para resistir efectos sísmicos así como cargas verticales y horizontales. (RM Constructores, 2013)

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Ambato conjuntamente con la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA realizan las modificaciones al colector tipo túnel en la Avenida Víctor Hugo, debido al crecimiento poblacional generado en este sector, interferencia de la línea férrea y el poliducto, así como el emplazamiento del colector a cielo abierto a la altura del centro Comercial “Mall de los Andes”, con el objeto de evitar la interferencia y afectaciones estructurales y de operación, y determinar los procedimientos para la sensibilidad de los parámetros hidráulicos como las gradientes hidráulicas e incrementando las longitudes del túnel.

1.2.3 PROGNOSIS

En el supuesto caso de no realizarse las modificaciones al colector Víctor Hugo, puede suceder lo que pasaba cada vez que había lluvias en las zonas aledañas a la avenida Víctor Hugo, como son inundaciones en esta y otras vías principales como son la av. Atahualpa y av. Bolivariana.

Mediante este sistema se puede separar el agua lluvia de las aguas servidas y se construirá un sistema para que el agua de las lluvias sea tributaria del sistema hídrico para la recuperación de los mismos, mientras que las aguas residuales serán tratadas para que no sean contaminantes.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo inciden las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+115,90 a la abscisa 2+700,00 en los parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales?

1.2.5 INTERROGANTES

¿Cuáles son las dimensiones del colector tipo túnel Víctor Hugo en la abscisa 1+119,28_ 2+700,00?

¿Cuáles serán los parámetros hidráulicos que se alteren con las modificaciones efectuadas en el colector tipo túnel Víctor Hugo?

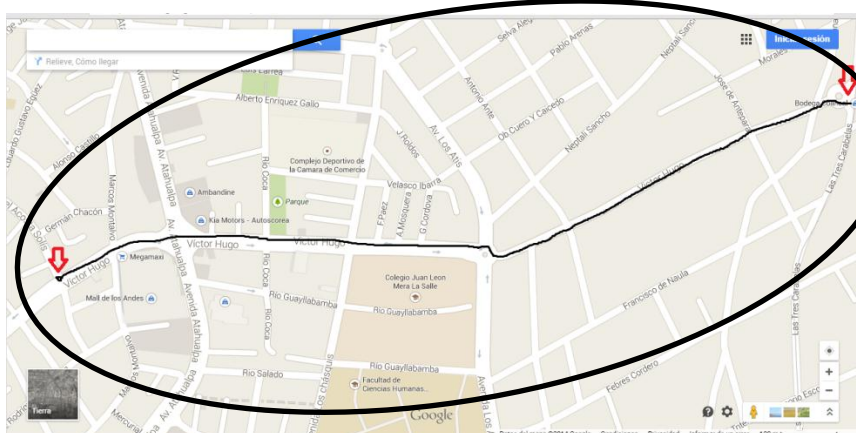
¿Qué procedimiento permitirá establecer la sensibilidad de los parámetros hidráulicos en el colector tipo túnel Víctor Hugo?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Esta investigación se realizará en los tramos de estudio correspondientes a la modificación del colector tipo túnel Víctor Hugo comprendido entre las abscisas 1+115,90_ hasta la abscisa 2+700,00 comprendida entre las calles Misael Acosta Solís y Tres Carabelas en Ambato provincia de Tungurahua, conformada por una extensión de 1,580 km.

GRÁFICO N°.- 1 DELIMITACIÓN ESPACIAL DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO



Fuente: Google Maps (2014)

1.2.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El tiempo de elaboración del proyecto se llevará a cabo en el período comprendido entre el mes de Noviembre 2014 hasta Abril 2015.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

El tema del proyecto se encuentra enmarcado dentro de lo siguiente:

1. Rama: Ingeniería Civil
 2. Área: Ingeniería Hidráulica, Sanitaria
- Aspecto: Construcción Colectores

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido al crecimiento poblacional en zonas aledañas al colector Víctor Hugo e incremento de escorrentía en épocas invernales los entes municipales de Ambato se han visto en la necesidad de realizar este tipo de obras sanitarias.

Este colector **beneficiará** a la población que reside entre las calles Misael Acosta Solís y Tres Carabelas.

Es **novedoso** debido a que este tipo de colectores no se han realizado en la ciudad de Ambato lo cual es único en su tipo.

Para la **factibilidad** del proyecto se cuenta con el apoyo del GAD Municipal de Ambato y la EMAPA.

Es de suma **importancia** modificar el colector Víctor Hugo en los tramos donde se van a presentar problemas críticos en la descarga de aguas residuales, para que así esta red trabaje en forma eficiente ante cualquier agente externo.

Se consideran de **interés** las modificaciones al diseño original del colector Víctor Hugo, debido a que es una obra que permitirá contrarrestar los ataques intempestivos de la naturaleza en tiempo de lluvia.

En el pasado hemos sentido el colapso de canales de aguas residuales en varias arterias de la ciudad, los cuales han provocado inundaciones, dando esto como resultado la proliferación de enfermedades.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28 a la abscisa 2+700,00 y su incidencia en los parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las dimensiones del colector tipo túnel Víctor Hugo en las abscisas 1+119,28 – 2+700,00.
- Detallar los parámetros hidráulicos con las modificaciones efectuadas en el colector tipo túnel Víctor Hugo.
- Proponer el procedimiento para verificarse la sensibilidad de los parámetros hidráulicos en el colector tipo túnel Víctor Hugo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Una vez revisado la bibliografía de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se han encontrado los siguientes trabajos de investigación:

FUENTE DE INFORMACIÓN 1

Para la Autora Paguay previo a obtener el título de Ingeniera Civil en su trabajo realizado con el tema: “Las aguas residuales y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de la lotización del Colegio de Ingenieros Civiles del sector Huamurco del cantón Tena, provincia de Napo en el año 2011”.

Se concluye que:

-Es importante conocer los diferentes métodos de tratamiento o depuración de aguas, para elegir el más adecuado y funcional acorde con la realidad de la zona donde se va a implantar.

-Al mejorar el sistema de evacuación de excretas se reduce el riesgo de enfermedades para los pobladores de la zona y se mitiga la contaminación del medio ambiente.

- Luego de la construcción de la planta de tratamiento, se mejoran las condiciones de vida de los habitantes.

- El tiempo considerado para que el sistema de la planta de tratamiento funcione en forma conveniente y adecuada sin que requieran obras considerables de ampliación, es de 25 años, tiempo acorde con las normas y recomendaciones de ex- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.

- Es muy importante un conocimiento general de cada uno de los métodos de tratamiento (depuración de aguas servidas) para una elección adecuada, acorde y eficaz en el medio ambiente en que se encuentra. (Paguay, 2011)

FUENTE DE INFORMACIÓN 2

Para la Autora Zúñiga previo a obtener el título de Ingeniera Civil en su trabajo realizado con el tema: “Las aguas servidas y su incidencia en la calidad de vida de los moradores del barrio La Delicia, cantón Patate, provincia Tungurahua en el año 2012”.

Se concluye que:

- El barrio La Delicia actualmente no cuenta con un sistema adecuado para la evacuación de las aguas servidas.

- Debido a la inadecuada disposición de las aguas servidas se puede comprobar contaminación en el barrio.

- Se evidencia la falta de infraestructura sanitaria.

- Debido a la necesidad de evacuación de las aguas servidas han optado por construcciones anti-técnicas que han colapsado, por lo que, se requiere un diseño de un sistema que evacue correctamente las aguas servidas. (Zúñiga, 2012)

FUENTE DE INFORMACIÓN 3

Para el Autor Mora previo a obtener el título de Ingeniera Civil en su trabajo realizado con el tema: “Las aguas negras y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del barrio Juan Montalvo, sector de los trabajadores municipales del cantón Puyo, provincia de Pastaza en el año 2013”.

Se concluye que:

- La presencia de las aguas servidas en los terrenos del sector es evidente y están ocasionando contaminación en los suelos y cauces del sector.
- Existe descarga directa de las aguas negras sin ningún tratamiento al estero adyacente del barrio Juan Montalvo, sector de los trabajadores municipales.
- El barrio Juan Montalvo, sector de los trabajadores municipales del cantón Puyo, tiene una grave carencia de servicios básicos como es el alcantarillado sanitario. (Mora, 2013)

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La investigación se enfoca en el paradigma crítico propositivo, porque privilegia la interpretación, comprensión y explicación de las modificaciones del colector, busca la esencia del mismo al analizarlo inmerso en una red de interrelaciones e interacciones, en la dinámica de las contradicciones que generan cambios cualitativos.

Es crítico porque cuestiona los esquemas relacionado a las modificaciones que se están realizando con la lógica de la entidad contratante y el contratista.

Es propositivo en cuanto la investigación no se detiene en la contemplación y análisis pasivo de las modificaciones, visto que además plantea alternativas para mejorar la calidad de la obra el costo de la misma.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se sustenta en varios fundamentos legales, en los cuales tenemos los siguientes:

Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos ex IEOS,1986.

Constitución de la República del Ecuador 2008.

Título II, Capítulo primero

Derechos

Art. 12 El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14 Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Título II, Capítulo segundo.

Derechos del buen vivir.

Art. 264 Los gobiernos municipales tendrán las competencias exclusivas sin perjuicio de obras que determine la ley.

- Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Título VII, Capítulo segundo.

Biodiversidad y recursos naturales.

- Al igual que en la Ley Orgánica de Salud podemos mencionar varios fundamentos que nos dicen los siguiente:

Art. 100 La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos es responsabilidad de los municipios que la realizarán de acuerdo con las leyes, reglamentos y ordenanzas que se dicten para el efecto, con observancia de las normas de bioseguridad y control determinadas por la autoridad sanitaria nacional. El Estado entregará los recursos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo.

Art. 102 Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Según la (Constitución de la República del Ecuador Título VII Biodiversidad y recursos naturales, 2008);

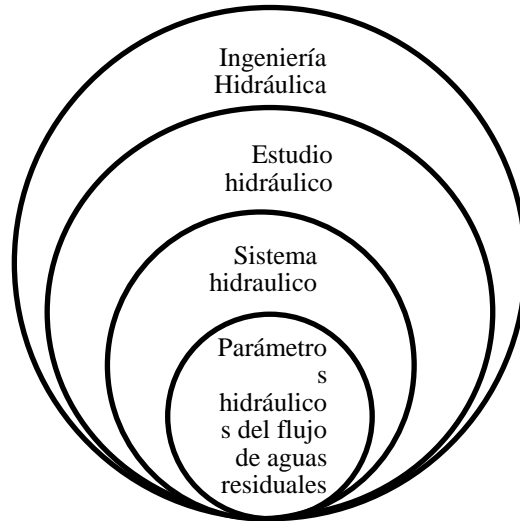
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.4.1 SUPRA ORDINACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Las modificaciones al diseño original del colector.

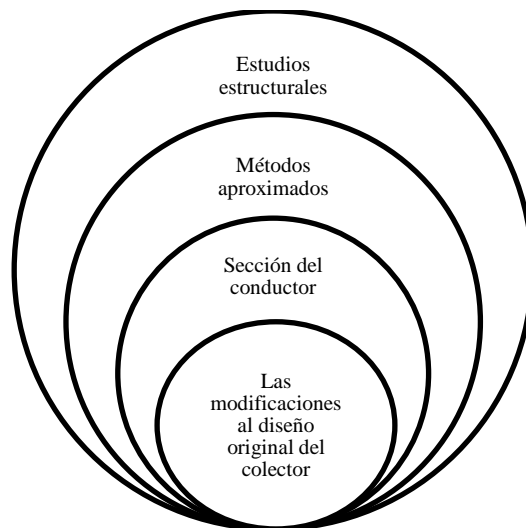
GRÁFICO N°.- 2 SUPRA ORDENACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE



2.4.1.1 VARIABLE DEPENDIENTE:

Parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

GRÁFICO N°.- 3 SUPRA ORDENACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE



2.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1 + 119,28 a la abscisa 2+700,00.

2.4.2.1 DEFINICIONES

Modificar.-Cambiar una cosa sin alterar sus características principales.

Inicio túnel av. Víctor Hugo y Antepara (Original)

En este tramo se debe ampliar el túnel en una longitud de 230 metros hasta la abscisa 2+700,00 ubicada en las calles entre las calles Batalla de Tarqui y Tres Carabelas, debido a que en el diseño original, no se consideró las especificaciones para cruzar por debajo de la línea férrea en la calle Tres Carabelas y el cruce del poliducto localizado en el pasaje Granaderos.

Finalización del túnel av. Víctor Hugo y Arosemena Monroy (Original)

En este tramo se debe ampliar el túnel en una longitud de 280 metros desde la calle Arosemena Monroy hasta la Calle Acosta Solís, debido a que en el diseño original, no se consideró las molestias que se causarían al cruzar el colector a cielo abierto por la intersección de la av. Atahualpa y Víctor Hugo y la intersección de la calle Marcos Montalvo con Víctor Hugo, abscisa 1+119.28, zona comercial con gran congestión vehicular y vías de ingreso y salida al sur de la ciudad.

Pozos de ingreso a túnel (Original)

En el presupuesto original del colector consta la construcción de dos cámaras para ingreso y construcción de túnel lo que correspondería que se debe fundir tramos de 475 m de túnel, lo cual es anti técnico e inseguro, por sugerencia del

constructor, quién por experiencia facilita un nuevo diseño para los pozos de ingreso al túnel en el que se considera normas de salud ocupacional, seguridad industrial y contingencias, en el proceso de construcción del túnel y los pozos de ingreso y posteriormente el mantenimiento del proyecto; y en segundo lugar la longitud máxima a la que se puede lanzar el hormigón para fundir el túnel es de 75 metros, razón por la cual se deberá construir 12 pozos de entrada a túnel. (Mayorga, 2013)

Colector.-“Son estructuras de grandes secciones, que receptan a las tuberías principales, permitiendo acortar la longitud de recorrido en los caudales principales” (Moya, 2010).

Sección del conductor.- Para proceder al trazado definitivo de los colectores, deberán compatibilizarse los siguientes aspectos: el resultado del cálculo hidráulico, los datos obtenidos durante el recorrido por el terreno, los datos relativos a las interferencias y los datos de los sondeos de suelos. (Interagua)

Dependiendo del tipo de área urbana a servirse, y previo el mutuo acuerdo entre el proyectista y la SAPYSB, se considerara la posibilidad de utilizar el nivel del sistema de recolección de aguas servidas que corresponda a dicha área urbana.

La selección del nivel de alcantarillado a diseñarse se hará primordialmente a base de la situación económica de la comunidad, de la topografía, de la densidad poblacional y del tipo de abastecimiento de agua potable existente.

El nivel 1 corresponde a comunidades rurales con casas dispersas y que tengan calles sin ningún tipo de acabado.

El nivel 2 se utilizará en comunidades que ya tengan algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y que tengan una mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias. El nivel 3 se utilizará en ciudades o en comunidades más

desarrolladas en las que los diámetros calculados caigan dentro del patrón de un alcantarillado convencional. Se debe aclarar que en una misma comunidad se puede utilizar varios niveles, dependiendo de la zona servida. A continuación se da un detalle de cada nivel.

Nivel 1:

a) Alcantarillado sanitario. Se utilizarán tanques sépticos o fosas húmedas (aqua privies), para grupos de casas, con sistemas de tuberías efluentes de PVC u otro material apropiado, que conduzcan las aguas servidas pre sedimentadas hacia un sistema central o zona de tratamiento. Este sistema de alcantarillado puede diseñarse con superficie libre de líquido (esto es, como canales abiertos) o a presión. No se utilizarán ni cajas ni pozos de revisión convencionales. Puesto que el líquido ya no acarrea sólidos, ni el sistema estaría expuesto a la introducción de objetos extraños a través de pozos o cajas de revisión, el diámetro mínimo de las tuberías puede reducirse a 75 mm. El resto de tuberías se diseñará para que tenga la capacidad hidráulica necesaria. Para el lavado periódico del sistema se instalarán bocas de admisión de agua en los puntos iniciales del sistema y a distancias no mayores de 200 m.

b) Alcantarillado pluvial. Se diseñarán las calles con cunetas de suficiente capacidad para acarrear la escorrentía superficial. No se diseñará ningún sistema de tuberías especiales. La escorrentía superficial drenará directamente al curso receptor. Para evitar el acarreo excesivo de sólidos en suspensión hacia el curso receptor se recubrirán las calles seleccionando algún tipo de pavimento económico, como adoquines, empedrado, etc. La idea básica es invertir el dinero que se destinaría para el alcantarillado pluvial, en la pavimentación de las calles del área servida.

Nivel 2:

a) Alcantarillado sanitario. Se utilizarán tuberías de hormigón simple de diámetro mínimo de 100 mm instaladas en las aceras. No se utilizarán pozos de revisión, sino cajas de mampostería de poca profundidad, con tapas provistas de cerraduras

adecuadas. Sólo se utilizarán las alcantarillas convencionales para las líneas matrices o emisarios finales.

b) Alcantarillado pluvial. Se utilizarán canales laterales, en uno o ambos lados de la calzada, cubiertos con rejillas metálicas que impidan el paso de sólidos grandes al interior de la cuneta y que, al mismo tiempo, resistan el peso de vehículos. El espaciamiento libre que normalmente se puede utilizar es de 0,03 m a 0,07 m entre barrotos y una dimensión típica de estos podría ser 0,005 m x 0,05 m. Las calles deberán ser adoquinadas o empedradas para mejorar la calidad de la escorrentía pluvial. Su sección transversal tendrá pendientes hacia las cunetas laterales de modo que se facilite el flujo rápido de la escorrentía hacia ellas. Los canales se construirán en ambos lados de cada calle. Si sus dimensiones así lo justificaren, especialmente para colectores, se utilizarán tuberías de hormigón simple convencionales. En todo caso, para evitar el aumento en la longitud del canal, se utilizará la ruta más corta hacia el curso receptor. La pendiente mínima que deberán tener estos canales será la necesaria para obtener su auto limpieza (0,9 m/s a sección llena).

Nivel 3:

a) Alcantarillado sanitario. Se utilizará una red de tuberías y colectores, como se describe en la sección 5.2 de esta parte. En ciertas zonas de la ciudad especialmente en aquellas en las que se inicia la producción de las aguas residuales, se podrá utilizar el diseño del nivel 2 pero con diámetro mínimo de 150 mm, especialmente en ciudades de topografía plana, con lo que se evita la innecesaria profundización de las tuberías.

b) Alcantarillado pluvial. Se utilizará una red de tuberías y colectores, como se describe en la sección anterior. Este sistema podrá cambiarse con el nivel 2 en ciertas zonas de la ciudad si así se considera necesario en el diseño. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

Métodos aproximados.- Los métodos aproximados de análisis estructural han adquirido mucha importancia en los últimos años debido a que sirven como estimativos preliminares en etapas de análisis y diseño. Estos métodos son una herramienta práctica para la obtención de un orden de magnitud de las fuerzas internas y los desplazamientos en estructuras sometidas a cargas verticales y horizontales. (Reyes, 2013)

Estudios estructurales.- Son intervenciones destinadas al estudio de las estructuras existentes durante su vida útil, tanto para valorar su estado de conservación y capacidad portante en condiciones determinadas de uso, así como para determinar las causas y repercusiones en caso de comportamientos o respuestas anómalos (errores de proyecto o ejecución, desencadenantes externos, siniestros, etc.).

Según su propósito se distinguen dos tipologías diferenciadas:

Estudios previos: Se utilizan como base de partida para otros proyectos ejecutivos (normalmente la estructura está fuera de servicio). Están orientados a las oficinas de proyectos y direcciones facultativas

Estudios de mantenimiento: Se efectúan a efectos informativos durante la etapa de servicio de la estructura (aspecto que condiciona la ejecución de los mismos). Están orientados a la propiedad.

Los estudios estructurales se prestan en todo tipo de construcciones (edificios, obra civil, etc.), evaluando sus parámetros de estabilidad a partir de las sollicitaciones de carga, la respuesta de los materiales y los condicionantes ambientales (físicos y químicos) existentes o fijados por el peticionario. (ATISAE, 2014)

2.4.3 VARIABLE DEPENDIENTE

Parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

2.4.3.1 DEFINICIONES

Parámetro Hidráulico.- Se entiende por parámetro hidráulico al dato que se toma como necesario para valorar el estado de las aguas según una normativa específica. Cada parámetro lleva asociado la norma de aplicación, la matriz de análisis y una expresión específica. (INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA , 2014)

Caudales de evacuación.- considerando los diferentes coeficientes que intervienen en la determinación de los caudales de aporte que concurren a las redes de alcantarillado se describe a continuación los diferentes caudales de aporte a la red.

Caudal medio diario de aguas residuales.- El caudal medio diario de aguas residuales, el cual se define como la contribución durante un período de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año. Cuando no se dispone de datos de aportes de aguas residuales, lo cual es usual en la mayoría de los casos, se debe cuantificar este aporte en base al consumo de agua potable obtenido en el diseño del sistema de agua potable.

Caudal máximo horario de aguas residuales.- El caudal de diseño de la red de colectores debe corresponder al caudal máximo horario. Este caudal se determina a partir de factores de mayoración del caudal medio diario obtenido anteriormente, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características propias de la población.

Caudal mínimo de diseño.- El valor que se acepta como límite inferior del menor gasto probable para cualquier tramo de la red de alcantarillado, tiene un valor de 2 L/s que corresponde a la descarga de un inodoro. Considera además la aplicación de la probabilidad de uso.

Caudal de infiltración.- No se puede evitar la infiltración de aguas subterráneas principalmente freáticas a través de fisuras en los colectores, juntas mal ejecutadas y en la unión de colectores con las cámaras de inspección. y en las mismas

cámaras cuando permiten la infiltración del agua. El coeficiente de infiltración varía según:- La altura del nivel freático sobre el fondo del colector.- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas y cuidado en la construcción de cámaras de inspección. Cuando no existe la previsión de implementación de un sistema pluvial a corto o mediano plazo, es necesario considerar un mayor aporte de aguas pluviales, desde patios interiores debido a las características especiales de la población, para este propósito se adopta un valor máximo de 2.0 L/s/Ha.

Caudal de conexiones erradas.-En los caudales de aguas residuales se deben considerar los caudales pluviales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, los cuales determinan fijar un coeficiente de seguridad del 5 – 10 % del caudal máximo previsto de aguas residuales. (Lorena, 2012)

Caudales de diseño de aguas lluvias.- Para el cálculo de los caudales del escurrimiento superficial directo, se podrán utilizar tres enfoques básicos: el método racional; el método del hidrograma unitario sintético y el análisis estadístico, basado en datos observados de escurrimiento superficial.

El método racional se utilizará para la estimación del escurrimiento superficial en cuencas tributarias con una superficie inferior a 100 ha.

Para cuencas con extensión superior a las 100 ha se utilizará el método del hidrograma unitario sintético. Este mismo método se empleará para el análisis de los vasos artificiales de regulación.

Las velocidades máximas admisibles en tuberías o colectores dependen del material de fabricación. Se recomienda usar los valores que constan en la tabla 1.

TABLA N° 1 VELOCIDADES MÁXIMAS A TUBO LLENO Y COEFICIENTES DE RUGOSIDAD RECOMENDADOS

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA m/s	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Hormigón simple:	4	0,013
Con uniones de mortero.		
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 – 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Fuente: INEN (2014)

En alcantarillado pluvial la velocidad mínima será de 0,9 m/s, para caudal máximo instantáneo, en cualquier época del año.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014)

Estudio Hidráulico.- El estudio hidráulico tiene por objeto obtener un modelo que represente con buena aproximación, por un lado, las condiciones reales del comportamiento natural de los niveles de caudales y permita establecer el rango natural de desniveles generados en el proyecto, se ha incorporado en sus estudios las herramientas más modernas, utilizando la modelación matemática como pieza fundamental en la obtención de resultados. En este sentido desarrollado modelos hidrodinámicos, hidrológicos, y modelos de sedimentación y transporte.

Ingeniería Hidráulica.- Se ocupa de la proyección y ejecución de obras relacionadas con el agua, sea para su uso, como en la obtención de energía hidráulica, la irrigación, potabilización, canalización u otras, sea para la construcción de estructuras en mares, ríos, lagos, o entornos similares, incluyendo, por ejemplo, diques, represas, canales, puertos, muelles, esclusas, rompeolas, adecuación de entre otras construcciones. (Fundacion Wikimedia, 2014)

2.5 HIPÓTESIS

Las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28 a la abscisa 2+700,00 incide en los parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Incidencia de las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28 - 2+700,00.

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

2.6.3 NEXO

Incidencia

2.6.1 UNIDAD DE OBSERVACIÓN

El colector tipo túnel Víctor Hugo se encuentra ubicado en las calles Misael Acosta Solís y Tres Carabelas en el cantón Ambato provincia de Tungurahua, conformada por una extensión de 1.580,72 km.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La modalidad básica de investigación a utilizarse será:

DE CAMPO

Se realizará la investigación tomando datos sobre pendientes, caudales, velocidades y dimensiones en el sitio en donde se construye el colector tipo túnel Víctor Hugo, entre las calles Misael Acosta Solís y Tres carabelas con apoyo del GAD Municipalidad de Ambato y EP-EMAPA-A.

BIBLIOGRÁFICA

Se recopilará información de fuentes de consulta en internet, biblioteca, repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, leyes, códigos, artículos, normativas de Constitución de la República del Ecuador, documentos existentes en EP-EMAPA-A y datos proporcionados por el Ing. Constructor e Ing. Fiscalizador de la obra.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación serán: Exploratorio, Descriptivo y Explicativo.

Exploratoria.- Es exploratoria porque se hizo el reconocimiento de campo con las autoridades municipales en los lugares que se ejecutan los trabajos de la obra

civil, dando la alternativa para solucionar los problemas de evacuación de aguas pluviales y residuales, generadas por el colapso de alcantarillas.

Descriptiva.- Es descriptiva porque investiga, y recopila aspectos técnicos en el sitio donde se construye el colector tipo túnel Víctor Hugo.

Explicativa.- Es explicativa porque relaciona las variables de estudio V.I: Las modificaciones al diseño original del colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28_2+700,00 V.D: Parámetros hidráulicos del flujo de aguas residuales.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

Con la colaboración de los ingenieros, que forman parte del personal de la construcción del colector Víctor Hugo y mediante una entrevista realizada al Ingeniero fiscalizador, residentes de obra, topógrafo, geólogo, técnico en medio ambiente y técnico en seguridad industrial.

TABLA N° 2 UNIDADES DE OBSERVACIÓN

Unidades de Observación	Población	Muestra	%
- Ing. Fiscalizador de Obra	1	1	11
- Residentes de Obra	4	4	45
- Topógrafo	1	1	11
- Geólogo	1	1	11
- Técnico Medio Ambiente	1	1	11
- Técnico Seguridad Industrial	1	1	11
TOTAL	9	9	100

Fuente: Elaborada por Viviana Santamaría

3.3.2 MUESTRA

La población a estudiarse serán los caudales, pendientes, velocidades, e informes de fiscalización por lo tanto no es pertinente tener una muestra.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA N° 3 VARIABLE INDEPENDIENTE: MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas / Instrumentos
Modificar. -Cambiar una cosa sin alterar sus características principales y secundarias (colector).	Características principales	Geología	¿Cuál es el tipo de suelo encontrado en el proyecto Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos.
		Topografía	¿Cuál es la topografía que define la línea de diseño en el proyecto Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos
	Características secundarias	Medio Ambiente	¿Cuáles son los estudios de medio ambiente que se realizará en el proyecto Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos
		Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	¿Se cuenta con personal experimentado para la ejecución del proyecto Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos

Elaborado por: Viviana Santamaría

TABLA N° 4 VARIABLE DEPENDIENTE: PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Parámetros Hidráulicos.- Se entiende por parámetro hidráulico al dato que se toma como necesario para valorar el estado de las aguas según una normativa específica. Cada parámetro lleva asociado la norma de aplicación, la matriz de análisis y una expresión específica, relacionando los caudales y velocidades de diseño.</p>	Caudales	Máxima	¿Cuál es el caudal máximo a recibir el colector tipo túnel Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos
		Mínima	¿Cuál es el caudal mínimo a recibir el colector tipo túnel Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos
	Velocidades	Máxima	¿Cuál es la velocidad máxima en el colector tipo túnel Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos
		Mínima	¿Cuál es la velocidad mínima en el colector tipo túnel Víctor Hugo?	Entrevista a Ingenieros Lista de Cotejo Revisión de informes de fiscalización y técnicos

Elaborado por: Viviana Santamaría

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

TABLA N° 5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Preguntas básicas	Explicaciones
1. ¿Para qué?	Establecer las dimensiones del colector tipo túnel Víctor Hugo en las abscisas 1+119,28 – 2+700,00. Detallar los parámetros hidráulicos con las modificaciones efectuadas en el colector tipo túnel Víctor Hugo. Determinar el procedimiento que para la sensibilidad de los parámetros hidráulicos en el colector tipo túnel Víctor Hugo.
2. ¿Cuáles son las poblaciones?	Av. Víctor Hugo entre las calles Misael Acosta Solís y Tres Carabelas.
3. ¿Quién?	Viviana Santamaría
4. ¿Cuándo?	Septiembre 2014- Abril 2015
5. ¿Dónde?	Av. Víctor Hugo entre calles Misael Acosta y Tres Carabelas
6. Frecuencia de aplicación	Ingenieros que trabajan en el colector de la Av. Víctor Hugo
7. ¿Qué técnicas de recolección?	Entrevistas a los Ingenieros, Fórmulas matemáticas. Lista de Cotejo, Revisión de informes de fiscalización y técnicos.
8. ¿Con qué instrumentos?	Modelo matemático

Elaborado por: Viviana Santamaría

La recolección de información se realizará en base de la aplicación de la técnica de formularios, entrevistas, lista de cotejo e informes de fiscalización y técnicos.

3.5.1 DISEÑO DEFINITIVO DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO.

3.5.1.1 JUSTIFICATIVO

El sistema existente de alcantarillado combinado de la parte central de la ciudad de Ambato (zona baja) que tiene una edad de más de 50 años, empezó a tener

muchos problemas de falta de capacidad hidráulica debido a que, por el crecimiento urbanístico de la ciudad, los aportes de las zonas altas también eran recibidos por estos colectores. Frente a estas dificultades, en los años 1994-1996 se realizaron estudios de nuevos colectores que permitan evitar controlar el ingreso de los caudales las zonas medias altas y altas en los colectores de la zona baja, con una solución que contemplaba la construcción de tres grandes colectores que atravesen a la ciudad de sur a norte denominados: Lalama, Intermedio (Víctor Hugo) y Quebrada Seca.

En este momento se encuentran construidos los colectores Lalama y Quebrada Seca, sin embargo, el colector Intermedio o Víctor Hugo, a pesar de su evidente necesidad, por ser parte de la solución mencionada, no ha sido construido debido a que el diseño original de este colector presentaba inconvenientes de orden técnico por las profundidades de zanja en determinados tramos, llegando hasta 14 metros, atravesaba por calles estrechas que ponían en peligro la estabilidad de las viviendas pues, la zona comprendida entre la Av. Manuelita Sáenz y la Av. Los Chasquis, es altamente comercial y residencial, además junto a su recorrido están cerca colegios, escuelas y la Universidad Técnica de Ambato. Todo esto crearía un serio problema social y ambiental, por lo que la EP-EMAPA-A tomó la decisión de buscar una nueva alternativa para su construcción.

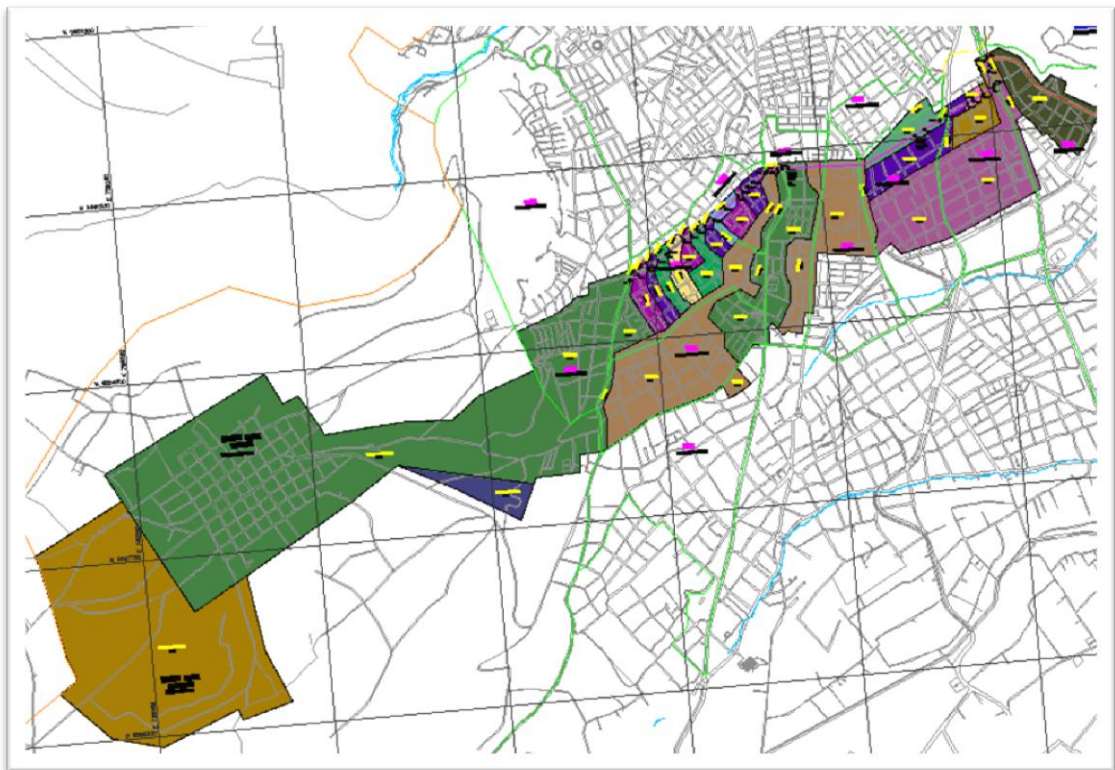
El período de diseño se ha planeado con un horizonte en el año 2040.

3.5.1.2 ÁREA DEL PROYECTO Y COBERTURA

La cobertura actual del sistema de alcantarillado en términos de población es variable. Para el inicio del proyecto, la cobertura ha sido obtenida de información como la del censo, mientras que, la cobertura futura, al año horizonte 2040, se ha considerado que las áreas urbanas (central y periférica) alcanzarán una cobertura del 93% (La cobertura del servicio de agua potable: 98% y la del alcantarillado: 95% de la cobertura de agua potable).

La cobertura del 93%, para el año 2040, se propone también para las cabeceras de las parroquias rurales, en tanto que, para las áreas periféricas de las parroquias, la cobertura es diferente para cada caso y año de análisis, como se puede observar en el gráfico siguiente.

GRÁFICO N°.- 4 ÁREA DE DRENAJE



(CONSULTORES, 2011)

3.5.1.3 CAUDAL DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

3.5.1.3.1 CAUDAL DEL COLECTOR

El caudal de diseño, que se aplicará para el diseño del colector Víctor Hugo, corresponde al caudal máximo horario de agua residual (aportes de caudal: doméstico, industrial, comercial, e institucional), más el caudal de infiltración y más el caudal por aguas ilícitas, expresado en la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_{m\acute{a}x} + Q_{inf} + Q_{il\acute{i}}$$

En donde:

Q_s: Caudal de diseño para recolección de aguas residuales.

Q_{máx}: Caudal máximo instantáneo de aguas residuales; corresponde al caudal medio de aguas residuales (domésticas, comerciales, industriales e institucionales) afectado por su factor de mayoración.

Q_{inf}: Caudal de infiltración.

Q_{il}: Caudal de aguas ilícitas.

3.5.1.3.2 CAUDAL MEDIO DE AGUAS RESIDUALES

El caudal medio de aguas residuales se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$qm = \frac{Cr * P * D}{86400}$$

En donde:

Q_{qm}: Caudal medio de aguas residuales (l/s)

Cr: Coeficiente de Retorno del agua potable (adimensional)

P: Población aportante.

D: Dotación per-cápita de agua potable (adimensional).

3.5.1.3.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO O CAUDAL INSTANTÁNEO

Para redes de alcantarillado, el caudal máximo horario de agua residual se obtendrá multiplicando el caudal medio de agua residual por el factor de mayoración K; éste se calcula con la ecuación del Ex-IEOS, con un valor máximo de 4; se aplica para caudales comprendidos entre 2,2 l/s y 5 000 l/s.

$$K = \frac{2.228}{qm^{0.073325}} \quad Q = \text{Caudal medio en m}^3/\text{s}$$

Q_{máx}= Caudal máximo de aguas residuales (l/s)

Q_m = Caudal medio de aguas residuales (l/s)

K = Factor de mayoración (máx)

3.5.1.3.4 COEFICIENTES DE DISEÑO

Coefficiente de Retorno (C_r)

Para el proyecto, el coeficiente que expresa la relación entre el volumen del agua residual descargado en el alcantarillado y el volumen de agua potable abastecido a la población, se adopta el valor de $C_r = 80\%$.

Coefficiente de Infiltración (C_{inf})

Se adopta un coeficiente de infiltración de 0,015 l/s.ha; por cuanto en la ciudad de Ambato predominan suelos arenosos y, dentro del área del proyecto, no hay incidencia de nivel freático.

Coefficiente de Aguas Ilícitas

Considerando que, en Ambato existe baja pluviosidad y que se tendrá un control operacional adecuado, para el cálculo de las aguas ilícitas se adopta el siguiente valor: 0,0003 l/s.hab

3.5.1.4 CAUDALES DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para determinar los caudales pluviales de los sistemas de alcantarillado de la ciudad de Ambato, se aplicará el Método Racional que tiene la siguiente expresión:

$$Q_{lluvias} = 2.7778 K_r * C * I * A$$

Ó

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

En donde:

Q lluvias: caudal de aguas lluvias en l/s

C: Coeficiente de escorrentía.

Kr: Factor de reducción de área.

I: Intensidad de lluvia en mm/h

A: Área drenada en hectáreas.

3.5.1.4.1 INTENSIDAD DE LLUVIA (I)

El análisis de precipitaciones y otros parámetros meteorológicos particulares para la ciudad de Ambato, se establecen en las relaciones I-D -F, con lo que la intensidad de lluvia se calcula con la ecuación:

$$I = A (t + B)^C$$

En donde:

I = intensidad, (mm/hr).

t= Tiempo de concentración (minutos).

A, B, C = Coeficientes

TABLA N° 6 COEFICIENTES DE LA INTENSIDAD DE LLUVIAS

T (años)	A	B	C
2	374,70	12,00	-0,79739
3	426,75	9,60	-0,80029
5	546,98	8,20	-0,81745
10	696,47	6,80	-0,82933
15	776,54	5,70	-0,83228
25	853,33	5,20	-0,83029
50	1135,70	4,80	-0,84952

(ACSAM, 2010)

Esta ecuación determina la precipitación media producida en un tiempo igual al tiempo de concentración, si se utiliza un tiempo menor, no toda la cuenca

contribuya al caudal, y si utiliza un tiempo mayor, la intensidad será menor (disminuye). Esto implica que la intensidad de precipitación corresponde a una precipitación uniforme en toda la extensión de la cuenca durante el tiempo considerado.

3.5.1.4.2 PERÍODO DE RETORNO O LLUVIA DE DISEÑO (T)

En el presente proyecto y concretamente para el diseño del colector Víctor Hugo se adopta un período de retorno (T) igual a 25 años, el mismo que se recomienda para este tipo de obras y además es el que se ha utilizado para otros colectores similares de la ciudad de Ambato, como el Lalama y la descarga del colector Víctor Hugo.

3.5.1.4.3 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

Este coeficiente expresa la relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los de precipitación. El coeficiente varía con las características de la superficie sobre la cual cae la lluvia, los efectos de la infiltración, el almacenamiento por retención superficial, la evaporación y otros.

Para la ciudad de Ambato, el análisis del coeficiente de escurrimiento, ponderado para diferentes áreas de drenaje, se resume en el cuadro siguiente:

TABLA N° 7 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA "C"

Área de drenaje	Área de	Área de	C Estimado		C Escorrentía	
	Aplicación (ha)	Ensayo (ha)	Tr 25	Tr 50	Tr 25	Tr 50
Zona Urbana Consolidada 1	672.98	20.36	0.78	0.82	0.75	0.80
Zona Urbana Consolidada 2	1129.14	28.12	0.60	0.64	0.60	0.65

Zona Urbana Consolidada 3	800.32	34.49	0.48	0.52	0.50	0.55
Zona Urbana Consolidada 4	462.74	39.13	0.47	0.52	0.45	0.50
Zona urbana periférica 1	832.78	38.45	0.47	0.52	0.45	0.50
Zona urbana periférica 2	546.84	24.73	0.36	0.42	0.35	0.40
Zona rural 1	475.36	23.66	0.47	0.53	0.45	0.50
Zona rural 2	1895.94	34.26	0.39	0.44	0.40	0.45
Zona rural 3	2071.26	33.41	0.39	0.44	0.40	0.45
Zona rural 4	7588.5	773.17	0.37	0.41	0.35	0.40

(ACSAM, 2010)

3.5.1.4.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (t)

El tiempo de concentración (t) está compuesto por el tiempo de entrada ó tiempo de concentración inicial (tc) y el tiempo de recorrido en el colector (tr), el tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía del lugar más alejado de la cuenca llegue al primer sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido (tr) se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$t = tc + tr$$

3.5.1.4.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN INICIAL (tc)

Para estimar el tiempo de concentración inicial considera: Este tiempo puede variar con la pendiente de la superficie, almacenamiento en las depresiones, cobertura del suelo, lluvia antecedente, la capacidad de infiltración del suelo y longitud de la superficie de escurrimiento; factores que los integra en ábacos.

Con este método, es posible determinar el tiempo de concentración inicial, para las condiciones particulares de una determinada subcuenca, en el que se incluyen los factores longitud y desnivel y además las características del suelo. La transcripción de los ábacos se expresa con la ecuación siguiente:

$$t_c = \frac{0.275(L^{1.115})(e^{-1.7802 C})}{H^{0.385}}$$

En donde:

t_c = Tiempo de concentración inicial (minutos)

L = distancia entre el punto más alejado y el inicial de recolección (m).

H = Diferencia de nivel entre el punto más alejado y el de ingreso (m).

C = Coeficiente de escorrentía promedio de la superficie (CETESB, 1979).

3.5.1.4.6 TIEMPO DE RECORRIDO (t_r)

En cuanto al tiempo de recorrido, este se irá determinando conforme se avance en el diseño de las redes y subredes, mediante la expresión:

$$t_r = \left(\frac{1}{60}\right) * \Sigma \left(\frac{L_i}{V_i}\right)$$

En donde:

t_r : = tiempo de recorrido del agua (min)

L_i = Longitud del colector (m)

V_i = Velocidad en el colector (m/s)

3.5.1.4.7 CAUDAL DE DISEÑO SANITARIO Y PLUVIAL

Para el presente proyecto se ha realizado un cuadro de caudales de diseño del proyecto Víctor Hugo de pozo a pozo, en el cuál se detalla a continuación:

**TABLA N° 8 CAUDALES APORTANTES AL COLECTOR VÍCTOR
HUGO**

DATOS HIDRÁULICOS		
ABSCISA	LONGITUD m	CAUDAL l/s
		q
0+000,00		
	70	16043,67
0+070,00		
	85,36	16353,51
0+155,36		
	28,27	16543,69
0+183,63		
	58,61	16543,69
0+242,24		
	73,29	16744,68
0+315,53		
	28,85	16744,68
0+344,38		
	130,22	16977,75
0+474,60		
	63,22	17027,73
0+537,82		
	58,8	17383,38
0+596,62		
	58,45	17383,38
0+655,07		
	76,13	17444,69
0+731,20		
	113,17	17572,13
0+844,37		
	126,86	17572,13
0+971,23		
	46,43	17602,51
1+017,66		
	48,91	17790,39
1+066,57		
	49,33	17790,39
1+115,90		
	108,81	17790,39
1+224,71		
	18,96	21444,63
1+243,67		
	74,97	21444,63

1+318,64		
	30,68	21444,63
1+349,32		
	45,83	25880,51
1+395,15		
	501,59	25880,51
1+896,74		
	448,8	25880,51
2+345,54		
	79,94	25880,51
2+425,48		
	127,77	25880,51
2+553,25		
	56,83	25880,51
2+610,08		
	174,43	25880,51
2+784,51		
	43,73	25880,51
2+828,24		
	85,72	25880,51
2+913,96		
	85,37	25880,51
2+999,33		
	29,11	25880,51
3+028,44		
	101,14	25880,51
3+129,58		
	78,11	29078,01
3+207,69		
	42,04	29078,01
3+249,73		
	17,94	29078,01
3+267,67		

Elaborado por: Viviana Santamaría

3.5.1.5 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

3.5.1.5.1 PENDIENTE MÍNIMA

Casos normales. Son el las que se dispone del desnivel topográfico necesario. Se acepta como pendiente mínima la que produce una velocidad de 90cm/s a tubo lleno.

Para asegurar el auto limpieza, la pendiente mínima calculada para caudal inicial:

En redes:

Fuerza tractiva $\sigma \geq 1.0 \text{ Pa}$;

Pendiente mínima (n=0,013): $I_{\text{mín}}=0.0055 Q_i^{-0.47}$

(n=0,010): $I_{\text{mín}}=0.0061 Q_i^{-0.49}$

En donde:

I_{min} = pendiente mínima, m/m

Q_i = caudal inicial en el tramo, l/s

Casos excepcionales. Se consideran aquellas pendientes en que debido a un desnivel pequeño, con el objeto de evitar la construcción de una planta de bombeo, es preciso sacrificar la eficiencia de la atarjea. Se acepta como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 60 cm/s, con un tirante igual o mayor de 3,00 cm.

3.5.1.5.2 PENDIENTE MÁXIMA

Son aquellas pendientes que producen velocidades máximas de 3 a 5 m/s, trabajando normalmente.

3.5.1.5.3 VELOCIDAD DE FLUJO

Para el cálculo de la velocidad, se empleará la fórmula de Manning - Strickler; que tiene la siguiente expresión:

$$v = \frac{J^{1/2} * R^{2/3}}{n}$$

En donde:

v= velocidad del flujo en m/s.

J= pendiente del canal o tubería.

R= radio hidráulico.

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

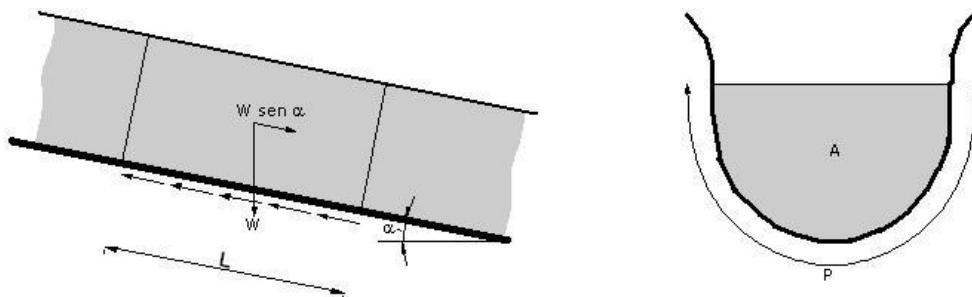
Para alcantarillados sanitarios, debido a las características del líquido

transportado, se establecen los siguientes requisitos de velocidad.

VELOCIDAD MÍNIMA

Con relación a la velocidad mínima, se establece el criterio del esfuerzo cortante mínimo: Se debe calcular el esfuerzo cortante medio con el objeto de verificar la condición de autolimpieza de la tubería con las condiciones iniciales de operación del sistema. La definición del esfuerzo cortante medio se presenta de la siguiente manera:

GRÁFICO N°.- 5 DEFINICIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE



Al sumar las fuerzas en la dirección del flujo, indicadas en la figura anterior, se tiene:

$$W \operatorname{sen} \alpha = \tau_0 LP$$

$$W = \gamma AL$$

$$\tau_0 = \frac{\gamma AL \operatorname{sen} \alpha}{LP} = \gamma R \operatorname{sen} \alpha$$

Para pendientes pequeñas, se tiene que: $\operatorname{sen} \alpha \cong \operatorname{tg} \alpha \cong S$, y por lo tanto:

$$\tau_0 = \gamma RS$$

En donde:

τ_0 = esfuerzo cortante medio, N/m^2

γ = peso específico del agua, 9.81 KN/m^3

R = radio hidráulico de la sección de flujo = A/P , m

S = pendiente del canal

El esfuerzo cortante mínimo recomendado para las condiciones de operación inicial de un alcantarillado sanitario convencional es de 1.5 N/m² (0.15 kg/m²). Cuando se trate de sistemas de alcantarillados sanitarios simplificados, es posible reducir la especificación a un mínimo de 1.0 N/m².

Para alcantarillado pluvial, el esfuerzo cortante mínimo debe ser de 3,0 N/m² (0,3kg/m²).

(Lopez, 2010),

VELOCIDAD MÁXIMA

En realidad no existe una limitación para velocidad máxima del flujo de aguas residuales, sino que más bien la velocidad máxima está limitada por el material de las tuberías y conductos, debido a los efectos abrasivos y corrosivos del agua que circula, por lo tanto, es recomendable que dicha velocidad no sobrepase a lo indicado en la tabla siguiente.

TABLA N° 9 VELOCIDADES DE FLUJO RECOMENDADAS

Flujo y Material	Velocidad Permitida
	Velocidad mínima** (m/s)
Aguas residuales	0,45
Agua netamente sanitaria	0,40
Sifón aguas residuales y sanitarias, caudal medio	0,60
Aguas limosas	0,30
Agua con acarreo de arena fina	0,30
	Velocidad máxima** (m/s)
Tuberías de hormigón	5,00
Tuberías de plástico y GRP	6,00
Sifón aguas residuales y sanitarias	4,00
	Velocidad máxima* (m/s)
Hormigón f'c a los 28 días: 280 kg/cm ²	9,00
210 kg/cm ²	7,40
170 kg/cm ²	6,60
130 kg/cm ²	5,80
110 kg/cm ²	4,40
90 kg/cm ²	3,80

NOTA:

Con agua clara, si la velocidad máxima es de corta duración, el aumento de los valores de velocidad se permite.

(Mansonyi) (RAS, 2000)

Se ha realizado un cuadro de velocidad de diseño del proyecto Víctor Hugo de pozo a pozo, en el cuál se detalla a continuación:

TABLA N° 10 VELOCIDAD EN EL COLECTOR VÍCTOR HUGO

DATOS HIDRÁULICOS		
ABSCISA	LONGITUD m	VELOCIDAD m/s
		v
0+000,00		
	70,00	6,54
0+070,00		
	85,36	6,54
0+155,36		
	28,27	6,54
0+183,63		
	58,61	5,43
0+242,24		
	73,29	6,21
0+315,53		
	28,85	6,21
0+344,38		
	130,22	5,88
0+474,60		
	63,22	5,63
0+537,82		
	58,80	6,05
0+596,62		
	58,45	6,05
0+655,07		
	76,13	6,05
0+731,20		
	113,17	6,02
0+844,37		
	126,86	6,14
0+971,23		
	46,43	6,14

1+017,66		
	48,91	6,16
1+066,57		
	49,33	6,16
1+115,90		
	108,81	5,58
1+224,71		
	18,96	6,36
1+243,67		
	74,97	6,36
1+318,64		
	30,68	5,69
1+349,32		
	45,83	6,06
1+395,15		
	501,59	6,06
1+896,74		
	448,80	6,06
2+345,54		
	79,94	6,74
2+425,48		
	127,77	6,64
2+553,25		
	56,83	6,81
2+610,08		
	174,43	6,43
2+784,51		
	43,73	6,43
2+828,24		
	85,72	5,72
2+913,96		
	85,37	5,72
2+999,33		
	29,11	5,72
3+028,44		
	101,14	5,95
3+129,58		
	78,11	6,43
3+207,69		
	42,04	6,43
3+249,73		
	17,94	6,57
3+267,67		

Elaborado por: Viviana Santamaría

3.5.1.6 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO

ÁREA DE COBERTURA

El colector ha sido diseñado para recibir los aportes de un área total de 679,96 ha, correspondiente a 350,76 ha de la zona urbana y 329,20 ha de la zona rural parroquia Santa Rosa; limita al norte con la av. Víctor Hugo, al sur con la av. José Peralta y av. El Cóndor, al este con la av. Bolivariana y al oeste con la parroquia Santa Rosa. Dentro de esta área se encuentran varias instalaciones que se destacan como: La universidad Técnica de Ambato (campus Huachi Chico), el colegio La Salle, Mall de los Andes, complejo deportivo Huachi-Loreto, la urbanización El Dorado, el barrio El Cóndor.

TRAZADO

El colector diseñado inicia en la intersección de las calles av. Víctor Hugo y Manuela Sáenz, recorre por la av. Víctor Hugo en una longitud de unos 3000 m hasta el cruce con la av. Bolivariana, en donde hará un giro para continuar por esta última calle hasta la altura del colegio Guayaquil, en un tramo de unos 268 m, punto en el que se empatará con el colector de descarga Víctor Hugo empate en la av. Galo Vela y que finalmente transporta el agua hacia el colector marginal derecho existente.

Considerando la dirección desde la av. Manuela Sáenz a la av. Bolivariana, el colector se ubicará en el carril derecho de la av. Víctor Hugo; en tanto que, en el tramo entre la av. Víctor Hugo a la calle Galo Vela, el colector en la av. Bolivariana tiene un trazado por el carril izquierdo de la vía.

En el sistema de coordenadas WGS84, el punto de inicio del colector diseñado es: 762844 E, 9859430 N y el punto final 765514 E 9860781 N.

EXTENSIÓN Y SECCIONES DEL COLECTOR

La longitud total del colector diseñado es de 3267,67 m, dividido en 2.317,28 m de canal de hormigón rectangular y 950,39 m de túnel tipo baúl, con las siguientes particularidades.

TABLA N° 11 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL COLECTOR
VÍCTOR HUGO

N° Tramo	Abcisas	Long (m)	Sección	Rugosidad
1	0+000,00 a 0+183,63	183,63	Rectangular 2,2 x 1,8 m	No
2	0+183,63 a 0+242,24	58,61	Rectangular 2,2 x 1,8 m	0,25 x 0,25 m
3	0+242,24 a 0+474,60	232,36	Rectangular 2,2 x 1,8 m	0,30 x 0,30 m
4	0+474,60 a 0+537,82	63,22	Rectangular 2,2 x 2,0 m	0,60 x 0,40 m
5	0+537,82 a 0+731,20	193,38	Rectangular 2,2 x 2,0 m	No
6	0+731,20 a 0+844,37	113,17	Rectangular 2,2 x 2,0 m	0,30 x 0,30 m
7	0+844,37 a 1+115,90	271,53	Rectangular 2,2 x 2,0 m	0,45 x 0,45 m
8	1+115,90 a 1+224,71	108,81	Rectangular 2,2 x 2,0 m	0,25 x 0,25 m
9	1+224,71 a 1+318,64	93,93	Rectangular 2,6 x 2,0 m	0,45 x 0,45 m
10	1+318,64 a 1+349,32	30,68	Rectangular 2,6 x 2,0 m	No
11	1+349,32 a 1+395,15	45,83	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,25 x 0,25 m
12	1+395,15 a 2+345,54	950,39	Túnel tipo baúl 2,6 x 2,6m	No
13	2+345,54 a 2+425,48	79,94	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,30 x 0,30 m
14	2+425,48 a 2+553,25	127,77	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,80 x 0,30 m
15	2+553,25 a 2+610,08	56,83	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,45 x 0,45 m
16	2+610,08 a 2+828,24	218,16	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,40 x 0,40 m
17	2+828,24 a 3+249,73	421,49	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,35 x 0,35 m
18	3+249,73 a 3+267,67	17,94	Rectangular 2,6 x 2,6 m	0,87 x 0,35 m
	Total	3267,67		

(ACSAM, 2010)

3.5.1.7 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL DISEÑO

Debido a la dimensión del colector, se ha proyectado su construcción en hormigón armado, lo cual se justifica, además, por cuanto existen tramos con pendientes fuertes que obligan a controlar las velocidades de flujo, lo que es dificultoso realizar con tuberías prefabricadas.

El colector ha sido diseñado para recibir los aportes sanitarios y pluviales de su área de aporte, en cualquier caso funcionando a gravedad. Para las épocas secas, cuando circulen solamente aguas servidas, se ha previsto en el fondo un pequeño canal rectangular.

El caudal total de diseño, en la parte final del colector, es de unos 29 m³/s, de los cuales, 272 l/s corresponden a caudal en tiempo seco, y lo restante, al aporte de aguas lluvias. El caudal pluvial ha sido calculado para un período de retorno de 25 años.

En el estudio se ha considerado que la velocidad de flujo, para el caudal de diseño, tendrá un valor máximo cercano a 6 m/s, para lo cual, en varios tramos de pendientes fuertes ha sido necesario controlar la velocidad mediante la instalación de estructuras que aumentan la rugosidad tipo dados o barras cortadas que, la Consultora ha empleado en otros proyectos con buenos resultados y que la EP-EMAPA-A también tiene buenas experiencias con este tipo de solución.

El recubrimiento del colector, en la mayoría de los tramos, será superior a los dos metros, evitando de esta manera la interferencia con las obras existentes; sin embargo, de existir interferencias, como con el sistema de agua, se tendrán que hacer los ajustes necesarios a las tuberías de agua (este análisis no se puede realizar con exactitud debido a que en el catastro de agua potable no se cuentan con los datos de las alturas de instalación de las tuberías).

En la intersección de la av. Víctor Hugo y Granaderos, atravesando transversalmente a la av. Víctor Hugo, se encuentra instalado el poliducto: Riobamba-Ambato-Quito que, para conocer su ubicación y altura de instalación se solicitó a los encargados de su mantenimiento, el cateo correspondiente, determinándose que se encontraba con un recubrimiento de dos metros. En el diseño realizado, el colector se instalará aproximadamente a un metro más abajo que el poliducto.

3.5.1.7.1 AIREACIÓN

Si bien es cierto que la incorporación del aire al seno del líquido implica el aumento de volumen de la mezcla, es necesario que se cumplan diferentes condiciones hidráulicas, como son velocidades altas, pendiente fuerte, saltos escalonados, resaltos hidráulicos, caudal, y de otros parámetros, que posibiliten la incorporación de aire al líquido. Existen diferentes formulaciones que estiman las concentraciones de aire en el líquido con resultados muy dispersos que, en algunos casos, producen sobredimensionamientos inoficiosos y por tanto en un encarecimiento de la obra.

3.5.1.7.2 CANAL INTERIOR DE AGUAS SANITARIAS

Con el fin de evitar obstrucciones en los elementos rugosos, en épocas de régimen seco, las aguas sanitarias se encauzarán mediante el diseño de un canal rectangular interior en la parte inferior derecha de 0,3 x 0,4 m de sección. La ubicación del canal obedece a que la mayoría de descargas, tanto de las conexiones domiciliarias, como de la interconexión con las redes secundarias, se realizan de este lado del colector. Para el dimensionamiento del canal se tomó en cuenta, las pendientes mínimas y máximas del colector, y el caudal de aguas servidas que se produciría al final del período de diseño.

3.5.1.7.3 CONEXIONES DOMICILIARIAS

Se ha proyectado una red terciaria de alcantarillado, que se ubicará encima del colector Víctor Hugo. Esta red terciaria está formada por una tubería de diámetro de 250 mm de PVC, donde se conectarán todas las domiciliarias de alcantarillado que se afecten por la construcción del colector.

La tubería de 250 mm PVC está proyectada a lo largo del ducto cajón en la av. Víctor Hugo, es decir ésta no se la colocará en el tramo de túnel, ni tampoco en la av. Bolivariana. Esta tubería se caracteriza por tener la misma pendiente del

colector Víctor Hugo, ubicándose a 0,25 m sobre la cara externa de la losa superior del ducto cajón; y conectándose a través de los pozos de revisión del mismo colector. El material de las conexiones domiciliarias y el diámetro, sea el mismo de las domiciliarias existentes, a fin de evitar estructuras intermedias por cambio de material.

3.5.1.8 RECOMENDACIONES AL COLECTOR VÍCTOR HUGO

A lo largo del trazado de aproximadamente 3,3 km que constituyen el colector Víctor Hugo se tiene la presencia de depósitos piroclásticos cuaternarios de la formación Cangahua, constituidos, de acuerdo al estudio de suelos realizado, por suelos limo-arenosos y areno-limosos, de bajo contenido de humedad, con baja a nula plasticidad, de compacidad media a muy densa, estables.

En los sondeos no se ha detectado niveles freáticos, por lo que no se tendrían problemas en este sentido durante la construcción; sin embargo, por las características del terreno, es conveniente tomar precauciones relativas para evitar la erosión por acción del agua y/o el viento, resaltando las siguientes recomendaciones:

Usar puntales y entibados o ademes para garantizar la estabilidad de los taludes, especialmente protegiendo sitios o estratos arenosos sueltos.

Proteger los taludes con láminas de plástico para evitar los problemas asociados con erosión, pues estos materiales son muy propensos por su naturaleza arenosa.

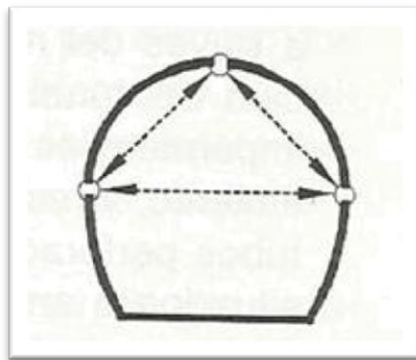
Se debe encauzar las aguas superficiales a lo largo de las cabeceras de los taludes de excavación, de manera de evitar filtraciones concentradas que pueden erosionar los taludes o producir desprendimientos.

Se debe proteger los estratos arenosos conforme se avanza con la excavación. Estos estratos erosionables pueden producir cárcavas que pueden dejar sin pie al talud superior, haciéndolo potencialmente inestable. Por ese motivo no es

conveniente realizar excavaciones largas de zanjas para la construcción de ductos o la instalación de tuberías. Lo más recomendable es realizar las excavaciones por tramos, para inmediatamente realizar las actividades de instalación e inmediatamente rellenar, de manera que no queden largos tramos excavados expuestos a la erosión.

En el caso del túnel del colector Víctor Hugo, sería recomendable que al dimensionamiento del sostenimiento se haga un control, durante la construcción, mediante la colocación de extensómetros para medir las convergencias mostradas en la siguiente figura.

GRÁFICO N°.- 6 MEDICIÓN DE CONVERGENCIAS EN TÚNEL



Para evitar los asentamientos y movimientos horizontales en el túnel, sería recomendable adoptar criterios y/o teorías conservadoras en el cálculo estructural y el dimensionamiento del sostenimiento del túnel y, durante la construcción, monitorear y controlar los movimientos y desplazamientos.

De ser el caso, se tendrá que hacer mejoras o adecuaciones al diseño del sostenimiento, o adoptar una o varias de las siguientes medidas si los asentamientos y movimientos horizontales podrían resultar intolerables en ciertos puntos:

- Inyectar huecos entre sostenimiento y terreno.
- Acortar el plazo de apertura de galerías.
- Disminuir el área del frente que se abre de una sola vez.
- Rigidizar sostenimientos relativos.

3.5.2. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS ORIGINALES DEL TÚNEL.

El estudio del proyecto Víctor Hugo se basará específicamente en lo referente al túnel que se encuentra ubicado en la abscisa 1+395.15 hasta la 2+345.54 con una longitud total de 950.39 m, se ha realizado un cuadro resumen, el cual contiene las características hidráulicas y geométricas que se presentan a continuación:

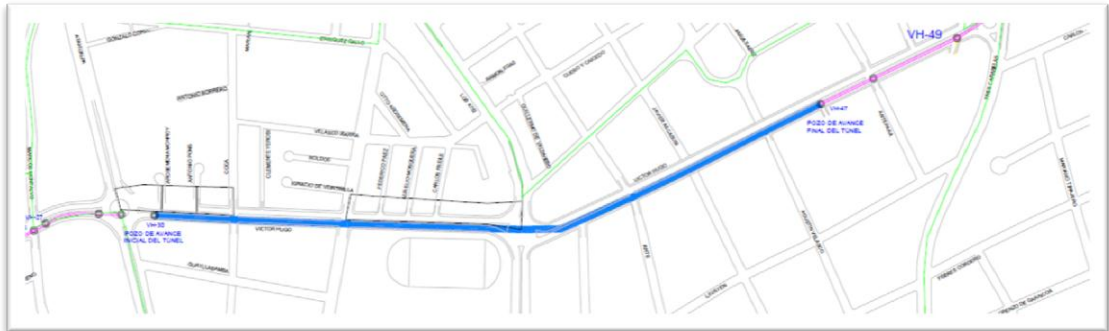
TABLA N° 12 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS ORIGINALES DEL TÚNEL

DATOS HIDRÁULICOS					
ABSCISA	LONGITUD m	CAUDAL	VELOCIDAD	PENDIENT	SECCIÓ
		l/s	m/s	E	N
		q	v	J %	m H°
1+395,15					
	501,59	25.880,51	6,06	1,00	2,60 x 2,60
1+896,74					
	448,8	25.880,51	6,06	1,00	2,60 x 2,60
2+345,54					

Elaborado por: Viviana Santamaría

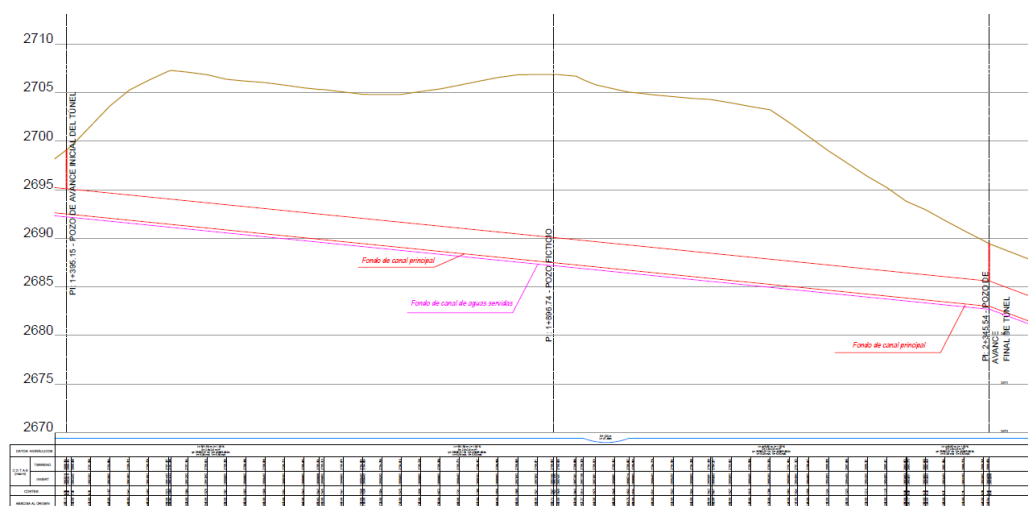
Se presenta el trazado del colector tipo túnel mismo inicia en la abscisa 1+395,15 con una longitud de 501,59 m; en este sitio se ubica un pozo ficticio, mismo avanza una longitud de 448,80 m hasta llegar a la abscisa 2+345,54 con un pozo de salida de túnel.

GRÁFICO N°.- 7 PERFIL EN PLANTA DEL TÚNEL ORIGINAL



En el presente gráfico se puede observar la línea azul, que representa el trazado original del colector tipo túnel, que inicia en la abscisa 1+395.15 con un pozo de avance inicial de túnel ubicado en la calle Arosemena Monroy y av. Víctor Hugo, avanzando una longitud de 501.59 m lineales, a esta distancia se presenta un pozo ficticio en la abscisa 1+896.74 ubicado en el redondel de la calle los Chasquis y av. Víctor Hugo, continuando con su trazado final hacia la abscisa 2+345.54 con un pozo de avance final de túnel ubicado en el pasaje Granados y av. Víctor Hugo.

GRÁFICO N°.- 8 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL ORIGINAL



En la gráfica mostrada se aprecia la vista del perfil longitudinal del colector tipo

túnel, que inicia en la abscisa 1+395.15; la cota terreno de inicio es 2699.104 msnm, en este punto se construirá un pozo de inicio de túnel con una profundidad de 5.00 m, iniciando así el túnel propio en la cota 2695 msnm con una profundidad de 2.60 m llegando a la cota 2692.40 msnm; este trazado continúa hacia la abscisa 1+896.74 en donde se encuentra ubicado un pozo ficticio por el cuál continúa el trazado del túnel en la abscisa 2690 msnm, con una profundidad de 2.60 m llegando a la cota 2687.40 msnm; este trazado se extiende hacia la abscisa 2+345.54 donde se ubica el pozo final del túnel, culminando este e la cota 2685.50 msnm con una profundidad de 2.60 m llegando a la cota 2847.90 msnm. En este trazado transversal se observa que la profundidad máxima desde el perfil del terreno hacia el proyecto es de 18.00 m.

3.5.3. MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL DEL TÚNEL

TABLA N° 13 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y GEOMÉTRICAS DEL TÚNEL MODIFICADO

DATOS HIDRÁULICOS					
ABSCISA	LONGITUD m	CAUDAL l/s	VELOCIDAD m/s	PENDIENTE	SECCIÓN
		q	v	J %	m H°
1+115,90					
	108,81	17.790,39	5,58	2,49	2,20 x 2,0
1+224,71					
	18,96	21.444,63	6,36	7,35	2,60 x 2,0
1+243,67					
	74,97	21.444,63	6,36	7,35	2,60 x 2,0
1+318,64					
	30,68	21.444,63	5,69	1,00	2,60 x 2,0
1+349,32					
	45,83	25.880,51	6,06	1,00	2,60 x 2,60
1+395,15					
	501,59	25.880,51	6,06	1,00	2,60 x 2,60
1+896,74					
	448,8	25.880,51	6,06	1,00	2,60 x 2,60
2+345,54					
	79,94	25.880,51	6,74	3,70	2,60 x 2,60

2+425,48					
	127,77	25.880,51	6,64	9,81	2,60 x 2,60
2+553,25					
	56,83	25.880,51	6,81	6,80	2,60 x 2,60
2+610,08					
	89,92	25.880,51	6,43	5,10	2,60 x 2,60
2+700,00					

Realizado por: Viviana Santamaría

Los datos presentados en el cuadro anterior son una recopilación del proyecto modificado de pozo a pozo de acceso, en el cuál constan los valores de caudal, velocidad, pendiente y sección de hormigón, mismos que se ejecutan dentro del proyecto, este cuenta con una longitud de 1.584,10 m, que se encuentran distribuidos en 10 cámaras de acceso; además de la cámara de salida en la abscisa 2+700,00.

GRÁFICO N.º.- 9 PERFIL EN PLANTA DEL TÚNEL MODIFICADO

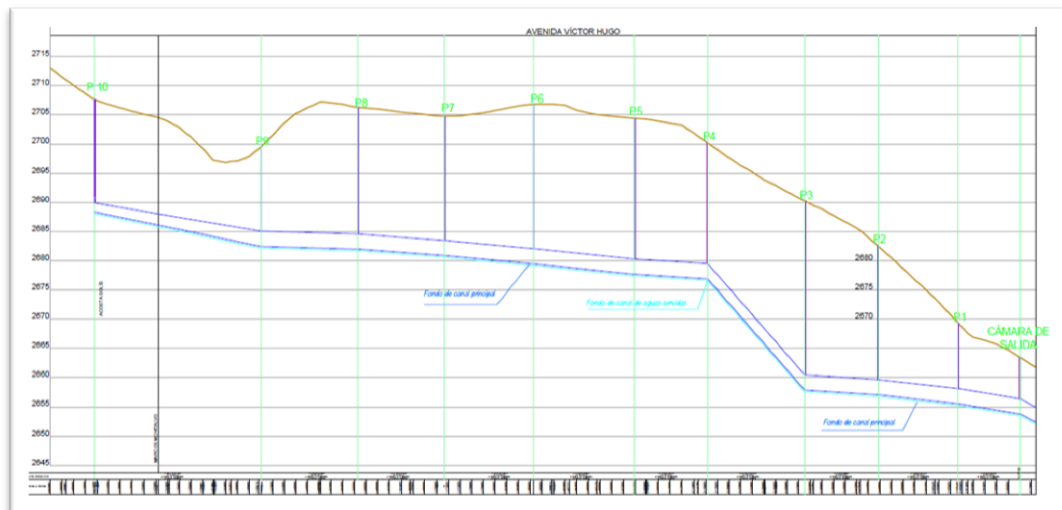


Inicio de túnel se amplía una longitud de 230,00 m desde la calle Antepara hasta la abscisa 2+700,00 entre las calles Batalla de Tarqui y Tres Carabelas, debido a que el diseño original no se consideró las especificaciones para cruzar por debajo de la línea férrea en la calle Tres Carabelas y el cruce del poliducto localizado en el pasaje Granados.

El final del túnel, se amplía en una longitud de 280,00 m desde la calle Arosemena Monroy hasta la calle Acosta Solís, en la abscisa 1+115,90 debido a que en el diseño no se consideró la interferencia que se causarían al cruzar el colector a cielo abierto por la intersección de la av. Atahualpa y la av. Víctor Hugo, zona comercial con gran congestión vehicular y vías de ingreso y salida al sur de la ciudad.

Estos cambios de aumento en las longitudes del túnel implican un aumento en los volúmenes de obra y por ende en el presupuesto.

GRÁFICO N°.- 10 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL MODIFICADO



En el perfil longitudinal mostrado en la gráfica nro. 10 se puede observar que la línea trazada de color azul, representa el inicio de túnel en la abscisa 1+115,90 y culminando en la abscisa 2+700,00 este túnel se ha incrementado una longitud de 633,71 m, siendo el mismo modificado a una longitud final de 1.584,10 m.

3.5.4. TÚNEL VÍCTOR HUGO ORIGINAL Y MODIFICADO

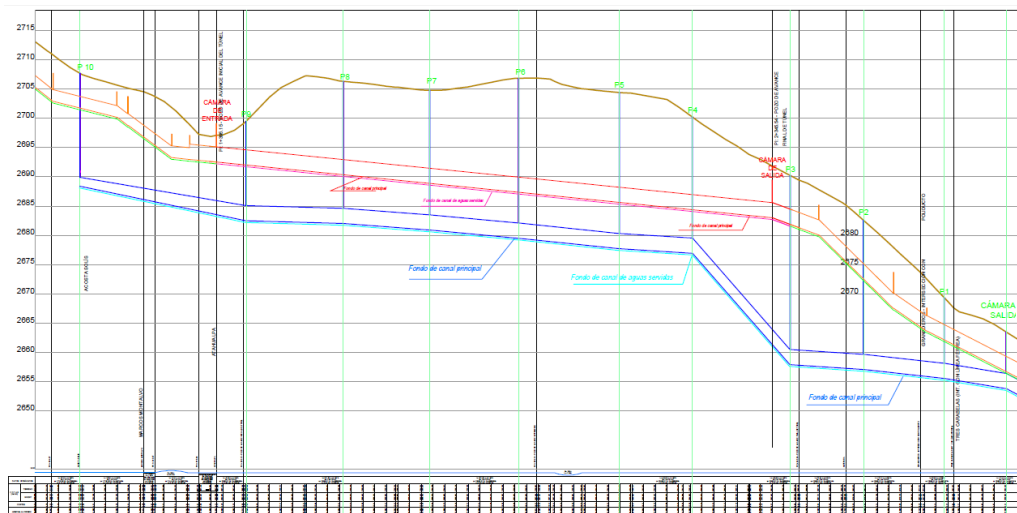
Para la presentación del túnel original y modificado se ha realizado el siguiente cuadro mismo que se encuentra el estado del túnel en sus inicios y los cambios sufridos durante la modificación del mismo.

GRÁFICO N°.- 11 PERFIL EN PLANTA DE TÚNEL ORIGINAL Y MODIFICADO



En la gráfica Nro. 11 se presenta la modificación realizada en el túnel colector Víctor Hugo, misma que inicia en la abscisa 1+115,90 que corresponde a la calle Acosta Solís y su terminación en la abscisa 2+700,00 entre las calles Tres Carabelas y Batalla de Tarqui, culminando su modificación con una longitud final de 1.584,10 m.

GRÁFICO N°.- 12 PERFIL LONGITUDINAL DEL TÚNEL ORIGINAL Y MODIFICADO



En la gráfica Nro. 12 se puede observar el túnel original que se encuentra trazado con línea de color rojo con una longitud de 950,39 m, y a su vez se presenta el túnel modificado que se encuentra trazado con línea de color azul, mismo que

cuenta con una longitud de 1.584,10 m, teniendo un aumento de longitud en túnel de 633,71 m.

Como resumen final se presenta a continuación el cuadro de profundidades modificadas del colector tipo túnel.

TABLA N° 14 PROFUNDIDADES MODIFICADAS AL TÚNEL

Identificación	Abscisa	Longitud (m)	Cota Terreno (msnm)	Cota final túnel (msnm)	Profundidad Máxima (m)
Portal de Entrada	1.115,90		2.707,68	2.690,58	17,10
		284,10			
Pozo 9	1.400,00		2.699,49	2.685,39	14,10
		166,07			
Pozo 8	1.566,07		2.706,31	2.685,21	21,10
		147,90			
Pozo 7	1.713,97		2.704,81	2.684,11	20,70
		152,02			
Pozo 6	1.865,99		2.706,85	2.682,70	24,15
		172,58			
Pozo 5	2.038,57		2.704,41	2.680,91	23,50
		124,50			
Pozo 4	2.163,07		2.700,23	2.680,13	20,10
		167,60			
Pozo 3	2.330,67		2.690,23	2.661,13	29,10
		125,40			
Pozo 2	2.456,07		2.682,57	2.660,27	22,30
		138,00			
Pozo 1	2.594,07		2.669,34	2.658,74	10,60
		105,93			
Portal de Salida	2.700,00		2.663,48	2.655,78	6,50

Realizado por: Viviana Santamaría

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

**TABLA N° 15 PENDIENTES ORIGINALES Y PENDIENTES
CONSTRUIDAS**

	Ingreso	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Salida	
	Ingreso-P9	P9-P8	P8-P7	P7-P6	P6-P5	P5-P4	P4-P3	P3-P2	P2-P1	P1-Salida		
Pendiente Original	1 + 1 1 1 5	3,61%	1 + 4 0 0	1 + 5 6 6	1 + 7 1 3	1 + 8 6 5	2 + 0 3 8	2 + 1 6 3	2 + 3 3 0	2 + 4 5 5	2 + 5 9 3	2 + 7 0 0
Pendiente Construida	9 0	17,02%	0 7	2,86% 7	7,53% 7	9,31% 9	10,40% 9	6,15% 7	114,26% 7	6,53% 7	11,15% 7	16,70% 0

El primer tramo consta desde el ingreso a túnel hacia pozo 9 la pendiente original es de 3,61%; la pendiente construida es de 17,02%; en el segundo tramo de pozo 9 a pozo 8 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 2,86%, en el tercer tramo a partir del pozo 8 hacia el pozo 7 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 7,53%, en el cuarto tramo a partir del pozo 7 hacia el pozo 6 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 9.31, en el quinto tramo a partir del pozo 6 hacia el pozo 5 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 10,40%, en el sexto tramo a partir del pozo 5 hacia el pozo 4 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 6,15%, en el séptimo tramo a partir del pozo 4 hacia el pozo 3 la pendiente original es de 1,00% mientras que la pendiente construida es de 114.26%, en el octavo tramo a partir del pozo 3 hacia el pozo 2 la pendiente original es de 4,83% mientras que la pendiente construida es de 6,53%, en el noveno tramo a partir del

pozo 2 hacia el pozo 1 la pendiente original es de 8,31% mientras que la pendiente construida es de 11,15%, en el décimo tramo a partir del pozo 1 hacia la salida del túnel, la pendiente original es de 5,95% mientras que la pendiente construida es de 16,70.

4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

Como se observa en la tabla número 15, se define que absolutamente todo el proyecto de construcción del colector tipo túnel varía sus pendientes originales a las ya construidas, siendo estas incrementadas en cada uno de los tramos; en el primer tramo la variación de pendiente se incrementa en 13,59%; en el segundo tramo la variación de pendiente se incrementa en 1,86%; en el tercer tramo la variación de pendiente se incrementa en 6,53%; en el cuarto la variación de pendiente se incrementa en 8,31%; en el quinto la pendiente se incrementa en 9.40%; en el sexto tramo la variación de pendiente se incrementa en 5,15%; en el séptimo tramo la variación de pendiente se incrementa bruscamente en 113.26%, en el octavo tramo la variación de pendiente se incrementa en 1,7%; en el noveno tramo la variación de pendiente se incrementa en 2,84%; y finalmente el décimo tramo la variación de pendiente se incrementa en 10.75%.

Consecuentemente, la variación de las pendientes son extremadamente críticas por lo tanto las variaciones de los parámetros hidráulicos principales como velocidad, comportamiento de la rugosidad, régimen de flujo, etc. serán necesarios que se analicen detenidamente para el nuevo estado de diseño.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De la interpretación de resultados se justifica que la construcción del canal colector tipo túnel, ha modificado el diseño original, comprobándose que existe una variación en la geometría del proyecto alterando los parámetros hidráulicos; por lo que se comprueba la hipótesis, en la que se tiene la necesidad de realizar un

análisis mediante un modelo matemático del comportamiento hidráulico del proyecto.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En el primer tramo a partir de la abscisa 1+115,90 hacia la abscisa 1+400,07 la variación de pendiente se incrementa en 13,59%.
- En el segundo tramo a partir de la abscisa 1+400,07 hacia la abscisa 1+566,07 la variación de pendiente se incrementa en 1,86%.
- En el tercer tramo a partir de la abscisa 1+566,07 hacia la abscisa 1+713,97, la variación de pendiente se incrementa en 6,53%.
- En el cuarto tramo a partir de la abscisa 1+713,97 hacia la abscisa 1+865,99, la variación de pendiente se incrementa en 8,31%.
- En el quinto tramo a partir de la abscisa 1+865,99 hacia la abscisa 2+038,57, la pendiente se incrementa en 9.40%.
- En el sexto tramo a partir de la abscisa 2+038,57 hacia la abscisa 2+163,07, la variación de pendiente se incrementa en 5,15%.
- En el séptimo tramo a partir de la abscisa 2+163,07 hacia la abscisa 2+330,67, la variación de pendiente se incrementa bruscamente en 113.26%.
- En el octavo tramo a partir de la abscisa 2+330,67 hacia la abscisa 2+455,07 la variación de pendiente se incrementa en 1,7%.

- En el noveno tramo a partir de la abscisa 2+455,07 hacia la abscisa 2+593,07, la variación de pendiente se incrementa en 2,84%.
- En el décimo tramo a partir de la abscisa 2+593,07 hacia la abscisa 2+700,00, la variación de pendiente se incrementa en 10.75%.

5.2 RECOMENDACIONES

En base al análisis realizado se recomienda:

- Realizar una simulación mediante un modelo matemático de la red de alcantarillado.
- Definir las condiciones hidráulicas de la red de alcantarillado.
- Plantear el diseño más conveniente para la variación de pendiente más crítica, ubicada en el tramo seis correspondiente a la abscisa 2+163,07 hacia la abscisa 2+330,67.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 TEMA

Verificar el diseño modificado del colector tipo túnel en las abscisas 1+119,28 hacia la abscisa 2+700,00, mediante un modelo matemático, y proponer el diseño hidráulico más adecuado para el tramo de máxima pendiente.

6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA

La construcción del colector tipo túnel Víctor Hugo lo realiza la Unidad de Gestión de Proyectos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (GADMA) conjuntamente con La Empresa Pública-Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato, (EP-EMAPA-A).

6.1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL COLECTOR TIPO TÚNEL VÍCTOR HUGO

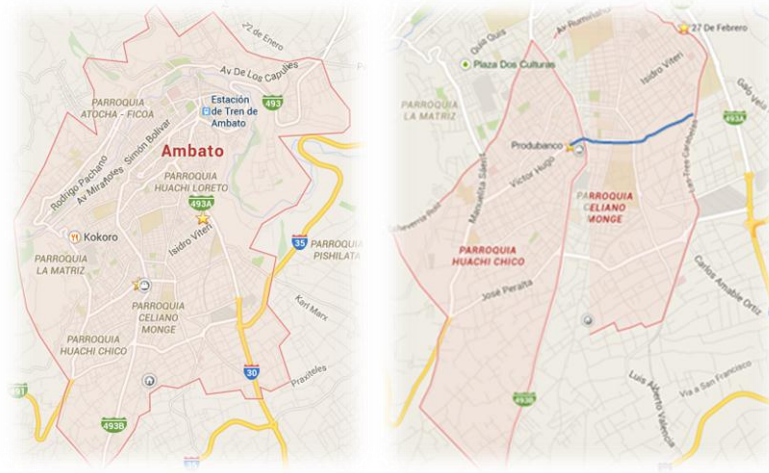
El sector de la av. Víctor Hugo entre calles Tres Carabelas y Acosta Solís se encuentra ubicado dentro de la parroquia Huachi Chico y Celiano Monge del Cantón Ambato de la provincia de Tungurahua.

Altitudes: 2710 -2656 m.s.n.m

Latitudes: 1° 15'54,41''

Longitudes: 78°37'46,73''

GRÁFICO N°.- 13 UBICACIÓN DEL PROYECTO



(Maps, Google, 2014)

IDENTIFICACIÓN CLIMÁTICA Y TOPOGRÁFICA

El clima del sector de la av. Víctor Hugo entre calles Tres Carabelas y Acosta Solís es templado, la temperatura y acción solar promedio es de 13.53° C que aumentan en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, disminuyen en los meses de Junio, Julio y Agosto con una humedad atmosférica promedio del 71%.

PERÍODO DE DISEÑO Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN

Con respecto al período de diseño, el proyecto se ha planeado con un horizonte en el año 2040. La obra del colector será implementada en una única etapa al inicio del período de construcción. En principio, se analizó dos etapas, es decir, una primera hasta el año 2025 y una segunda hasta el 2040, sin embargo los caudales de diseño entre estos dos períodos se diferencian en apenas un 10%.

ÁREA DEL PROYECTO Y COBERTURA

El área total del proyecto, definida en conjunto con la EP-EMAPA-A y Fiscalización, considera al área servida actual, así como al área de servicio futura, en la que, además de las zonas urbanas se encuentran varias de las parroquias rurales.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para el diseño del alcantarillado combinado en el túnel Víctor Hugo, tenemos un cuadro resumen de caudales; velocidades, pendientes y sección de diseño descritos en la tabla Nro. 13 correspondiente características hidráulicas y geométricas del túnel modificado, mismas que se encuentran en el apartado 3.5.3, mismo que se aplicará en el software de libre acceso.

6.3 JUSTIFICACIÓN

Al existir las variaciones en las pendientes de cada uno de los diez tramos que está construido el colector tipo túnel; a su vez se cuenta con un modelo matemático de libre acceso como es el software EPA SWMM (Storm Water Management Model) en cuál se realizará la aplicación del modelo hidráulico del alcantarillado combinado.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar mediante el software de libre acceso EPA - SWMM, las modificaciones realizadas al colector tipo túnel Víctor Hugo entre los tramos comprendidos en las abscisas 1+119,28 hacia la abscisa 2+700,00 y su incidencia en los parámetros hidráulicos del flujo.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar mediante un modelo matemático el colector modificado tipo túnel Víctor Hugo.
- Detallar los parámetros hidráulicos que se ven alterados al ejecutar las modificaciones al túnel.
- Proponer el diseño hidráulico más adecuado para el tramo de máxima pendiente.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El análisis mediante un modelo matemático de las modificaciones realizadas al colector tipo túnel Víctor Hugo, es posible debido a que en la actualidad contamos con la tecnología, misma que nos asiste y contribuye en la realización de pruebas experimentales que aportan al conocimiento humano, de manera ágil, sin comprometernos a la elaboración de ensayos físicos que resultan económicamente altos.

6.5.1 STORM WATER MANAGEMENT MODEL 5

(Modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM)

Es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en período extendido, especialmente en alcantarillados urbanos, es capaz de seguir la evolución de la cantidad del caudal, el nivel de agua en los pozos, durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

El SWMM 5 se desarrolló por primera vez en 1971, habiendo experimentado desde entonces diversas mejoras. La edición actual, que corresponde a la quinta versión del programa, es un código reescrito completamente a partir de ediciones anteriores. EPA SWMM 5 proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para simular el comportamiento hidráulico, en una

gran variedad de formatos, entre estos, se pueden incluir gráficos y tablas de evolución a lo largo del tiempo, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia, junto a esto contiene un conjunto flexible de herramientas de modelación de características hidráulicas y los aportes externos de caudal a travez de una red de tuberías.

Características del modelo hidrológico EPA-SWMM 5.- Permite manejar redes de tamaño ilimitado, utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, tanto abiertas como cerradas.

Una de las falencias, en cuanto a recomendaciones de diseño, que presentan los sistemas de alcantarillado son las estructuras especiales que permiten sobrellevar desniveles y cambios de dirección.

Para conducir adecuadamente los caudales en un sistema de alcantarillado, se debe contar con estructuras especiales, capaces de disipar energía, que permitan los cambios de nivel y de dirección de los flujos rápidos y finalmente entreguen un flujo uniformizado y tranquilo.

La falta del conocimiento sobre el comportamiento del agua frente a algunas estructuras ha conducido a realizar diseños que incluyen obras especiales que no resultan adecuadas para las condiciones de aproximación o de entrega a los colectores. Algunas de estas obras se constituyen obras especiales, llegando a ser obras de arte, o simplemente inefectivas, peligrosas y costosas debido a las frecuentes reparaciones a las que deben ser sometidas.

Se cuenta con un manual básico de diseño de estructuras de cambio de nivel y cambio de dirección con flujo a gravedad, con criterios técnicos válidos, realizados en la Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Ingeniería y Ciencias que permite la selección de la estructura hidráulica óptima como es el pozo de bandejas, que permite lograr un cambio brusco de dirección y/o salvar grandes desniveles.

En las ciudades ubicadas en la región interandina los sistemas de alcantarillado, están en su mayoría influenciados por la topografía. Las pronunciadas pendientes, los fuertes y frecuentes cambios de nivel constituyen un gran problema, pues inducen velocidades de flujo, que fácilmente superan los rangos admisibles.

Las características especiales de topografía que presentan las ciudades andinas plantean ciertos problemas en cuanto al diseño de obras, para los sistemas de alcantarillado, con cambios simultáneos de nivel y de dirección del flujo con superficie libre.

En ciudades de la región interandina, las zonas residenciales, cada vez alcanzan niveles más críticos de ubicación provocando el dilema de encontrar soluciones técnicas y económicas que permitan la conducción de las aguas, salvando grandes desniveles con desarrollos longitudinales mínimos de la obra.

En estos casos las recomendaciones de diseño, sugieren ubicar pendientes longitudinalmente mínimas de la conducción, que den lugar a velocidades por debajo de las admisibles para luego diseñar estructuras especiales de salto que permitan disipar la energía potencial debida al desnivel. En una gran mayoría de casos se trata de alturas mayores a los 2.0 m.

La acción del agua sobre los materiales que constituyen la estructura de disipación puede causar, problemas de estabilidad, que pueden ser evitados mediante el correcto diseño de sus estructuras.

El uso de modelos físicos permite examinar el comportamiento de una determinada geometría de estructura hidráulica y los fenómenos que se presentan durante su funcionamiento, que pueden ser la introducción de aire así como la presencia de ondas perturbaciones en el flujo las mismas, que pueden ser propagadas hacia aguas abajo.

(Patricia Haro, 2006)

6.6 FUNDAMENTACIÓN

Dentro del proyecto colector tipo túnel Víctor Hugo, se presentan características especiales de topografía con cambios simultáneos de nivel y de dirección del flujo a superficie libre, la recomendación de diseño, sugiere ubicar pendientes longitudinales mínimas en la conducción, que den lugar a las velocidades por debajo de las admisibles, para luego diseñar estructuras especiales de salto que permitan disipar la energía potencial dividida al desnivel.

6.6.1 COEFICIENTE DE MANNING

En el año 1889, el ingeniero irlandés Robert Manning, presentó por primera vez la ecuación durante la lectura de un artículo en una reunión del Institute of Civil Engineers de Irlanda. El artículo fue publicado más adelante en Transactions, del Instituto. La ecuación en principio fue dada en una forma complicada y luego simplificada a

$$V = C * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V=velocidad media

C=factor de resistencia al flujo

R=radio hidráulico

S=pendiente.

Esta fue modificada posteriormente por otros y expresada en unidades métricas como:

$$V = (1/n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

(siendo n el coeficiente de rugosidad Manning).

Más tarde, fue convertida otra vez en unidades inglesas, resultando en:

$$V = (1.486/n) * R^{2/3} * S^{1/2}$$

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por lo tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

CONCEPTOS APLICADOS

El valor de n es muy variable y depende de una cantidad de factores. Al seleccionar un valor adecuado de n para diferentes condiciones de diseño, un conocimiento básico de estos factores debe ser considerado de gran utilidad.

- Rugosidad de la superficie

Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forma el perímetro mojado y que producen un efecto retardante sobre el flujo. En general, los granos finos resultan en un valor relativamente bajo de n y los granos gruesos dan lugar a un valor alto de n .

- Vegetación

Puede ser vista como una clase de rugosidad superficial. Este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación, y es muy importante en el diseño de canales pequeños de drenaje, ya que por lo común éstos no reciben mantenimiento regular.

- Irregularidad del canal

Se refiere a las variaciones en las secciones transversales de los canales, su forma y su perímetro mojado a lo largo de su eje longitudinal. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de n , pero cambios abruptos o alteraciones de secciones pequeñas y grandes requieren el uso de un valor grande de n .

- Alineamiento del canal

Curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n .

- Sedimentación y erosión

En general la sedimentación y erosión activa, dan variaciones al canal que ocasionan un incremento en el valor de n . Urquhart (1975) señaló que es importante considerar si estos dos procesos están activos y si es probable que permanezcan activos en el futuro.

- Obstrucción

La presencia de obstrucciones tales como troncos de árbol, desechos de flujos, atascamientos, pueden tener un impacto significativo sobre el valor de n . El grado de los efectos de tales obstrucciones dependen del número y tamaño de ellas.

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD MANNING

Aplicando la fórmula Manning, la más grande dificultad reside en la determinación del coeficiente de rugosidad n pues no hay un método exacto de seleccionar un valor n . Para ingenieros veteranos, esto significa el ejercicio de un profundo juicio de ingeniería y experiencia; para novatos, puede ser no más de una adivinanza, y diferentes individuos obtendrán resultados diferentes.

Para calcular entonces el coeficiente de rugosidad n se dispone de tablas (como la publicada por el U.S Department of Agriculture en 1955; Chow, 1959) y una serie de fotografías que muestran valores típicos del coeficiente n para un determinado tipo de canal (Ramser, 1929 y Scobey, 1939).

Aparte de estas ayudas, se encuentra en la literatura numerosas fórmulas para expresar el coeficiente de rugosidad de Manning en función del diámetro de las partículas, las cuales tienen la forma $n = m D^{1/6}$, donde m es un factor de escala y D es un diámetro característico del material del lecho (D_{50} , D_{75} , D_{84} , D_{90}) que

son, respectivamente, los diámetros correspondientes al 50, 75, 84 y 90% de la curva granulométrica del material del lecho.

Otros modelos tienen forma logarítmica y expresan n en función del diámetro de las partículas (D_{50} ó D_{84}) y de las características del flujo (radio hidráulico, profundidad media del flujo).

La siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

TABLA N° 16 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING

n	Superficie
0.010	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre
0.011	Concreto muy liso
0.013	Madera suave, metal, concreto
0.017	Canales de tierra, buenas condiciones
0.020	Canales naturales de tierra, libres de vegetación
0.025	Canales naturales con alguna vegetación y piedras en el fondo
0.035	Canales naturales con abundante vegetación
0.040	Arroyos de montaña con muchas piedras
(Posey)	Coefficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y Canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022

Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes Naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura delámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura delámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

Tabla tomada (Chow, 1994.)

6.6.2 DISIPADORES DE ENERGÍA

Cuando el agua corre por los canales o túneles de descarga contiene gran cantidad de energía y mucho poder destructivo debido a las altas presiones y velocidades. Éstas pueden causar erosión, en las estructuras mismas de conducción, poniendo en peligro la estabilidad de las estructuras hidráulicas. Por lo tanto se deben colocar disipadores de energía.

Para la selección del tipo de disipador se debe tener las siguientes consideraciones:

1. Energía de la corriente.
2. Economía y mantenimiento ya que éste eleva mucho el costo.
3. Condiciones del cauce aguas abajo (roca, suelo erodable, etc).

4. Ubicación de las vías de acceso, casa de máquinas, y demás estructuras hidráulicas ya que su seguridad no puede quedar comprometida.
5. Congelamiento.
6. Efecto de las sub-presiones y del vapor de agua sobre las instalaciones.
7. Daños causados a la fauna y la flora por la erosión.
8. Proyectos y poblaciones aguas abajo.

6.6.3 DESCARGADORES VERTICALES

Los descargadores verticales implantados en las redes de alcantarillado permiten trasladar verticalmente el flujo y entregar el caudal de diseño en niveles inferiores. Estas soluciones se utilizan en el diseño cuando no existe el espacio para implantar una rápida y las caídas superadas pueden alcanzar las decenas de metros. Por tanto, debido a la altura requerida, en esos casos ya no es posible considerar un dissipador de energía similar a los desarrollados por el Comité de Concesiones del Ministerio del Interior de los Estados Unidos (USBR).

Los diseños realizados en el país han utilizado al menos tres tipos de descargadores verticales:

- Pozo simple de caída vertical
- Descargador vertical en bandejas
- Descargador vertical con flujo en vórtice

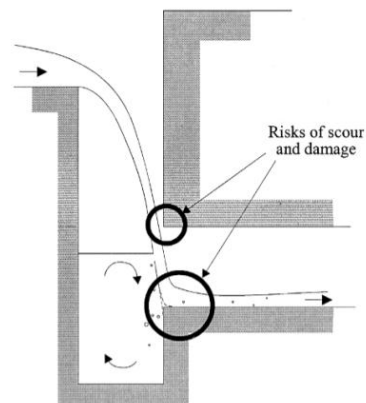
POZO SIMPLE DE CAÍDA VERTICAL

Consiste en un ducto vertical con un pequeño colchón al pie con una salida lateral que le da continuidad a la descarga hacia el siguiente tramo. Este tipo de pozo fue desarrollado en los antiguos acueductos romanos, y ha sido motivo de varios estudios en el mundo.

En el gráfico 14 se puede observar un modelo físico de este pozo, realizado por Hubert Chanson. Los resultados de esas investigaciones sugieren que el uso de estos pozos de caída tiene limitaciones de caudal máximo y de pendiente del tramo de aproximación. Por lo que, al superarse esos criterios de diseño, existen serios riesgos de erosión y daño en la estructura, especialmente en la unión del colchón hidráulico implantado al pie y la embocadura del canal de salida. Por estos motivos, únicamente se recomienda su uso para pendientes de aproximación menores a la pendiente crítica.

En el diseño que puede encontrarse en la práctica profesional en el país se observan esquemas que no consideran el tipo de régimen de los canales de aproximación, y en otros casos, pozos diseñados sin colchones hidráulicos al pie. En la mayoría de esos casos no existe un modelo físico que respalde el esquema de esa obra especial. Ante la crítica acerca del flujo de aproximación supercrítico, los ingenieros de diseño de drenaje urbano implantaron una viga de impacto en el eje del pozo de caída, de modo que el flujo sea orientado verticalmente hacia el colchón al pie. Además, empíricamente adoptaron una altura del colchón al pie igual al calado crítico correspondiente al caudal de diseño.

GRÁFICO N°.- 14 POZO SIMPLE DE CAÍDA VERTICAL



(Chanson, 2008)

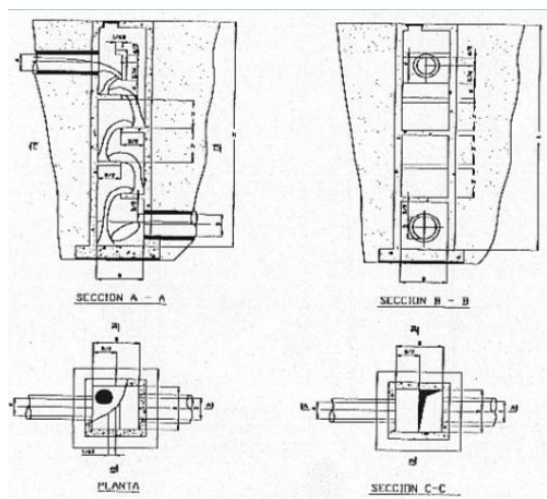
DESCARGADOR VERTICAL EN BANDEJAS

Se denomina pozo de bandejas a una estructura vertical, ubicada al final de un canal de alcantarillado, en donde el agua tiene que vencer una diferencia de nivel significativa, mediante losas intermedias, en las cuales se inducen procesos de disipación de energía, tales como el cambio de régimen del flujo en una sección de control o la introducción del fluido en una masa de agua. Pueden permitir además cambios en la dirección del flujo de acuerdo con el trazado definido por la conducción, para finalmente continuar por el canal y/o túnel, aguas abajo, con un flujo tranquilo.

En la ciudad de Ambato, es el primer proyecto de esta categoría por lo se utiliza de referencia un esquema de pozo de bandejas, según recomienda el plan maestro de alcantarillado de Quito.

En el esquema de esta obra actualmente en uso en la ciudad de Quito, el diseño del pozo simple de caída vertical ha sido modificado para dividir la altura total de caída en igual número de losas horizontales, las cuales son impactadas por el flujo en caída libre. Las losas están cortadas al eje del pozo vertical. El diseño del pozo rectangular consideró además una viga de impacto ubicada en el eje del colector de ingreso y un colchón al pie con longitud igual a la longitud del descargador y altura de agua igual al calado crítico de diseño.

GRÁFICO N°.- 15 POZO DE BANDEJA TOMADO DEL ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO DE QUITO



(EPMAPS, 2009)

DESCARGADORES A VÓRTICE

En el diseño de las estructuras denominadas descargadores a vórtice es importante revisar la eficiencia del sistema para toda la serie de caudales de operación incluyendo los caudales mínimos sanitarios de manera que se garantice la formación y la presencia de flujo helicoidal.

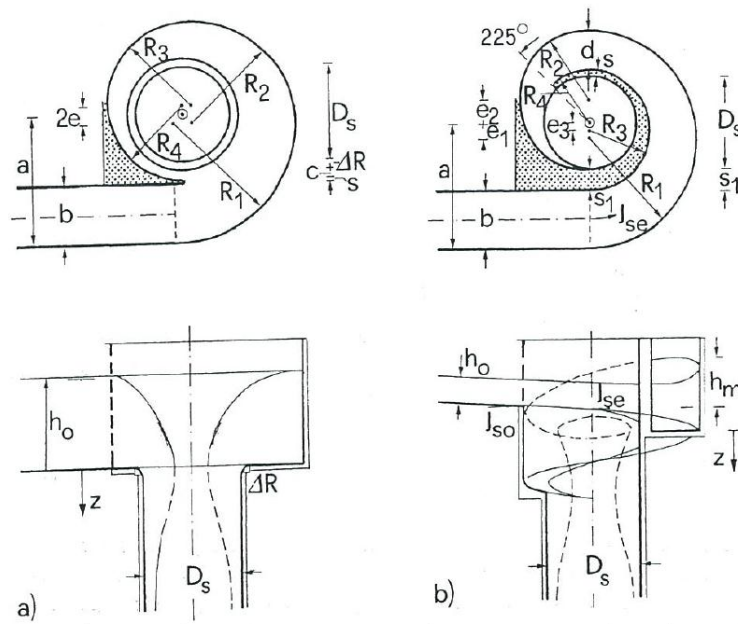
Adicionalmente, otros aspectos relacionados con el buen funcionamiento de la estructura son:

- Mantenimiento de un núcleo de aire estable en la cámara de entrada (caracol) y en el tubo vertical.
- Suficiente ventilación para los caudales máximos en la cámara de disipación.
- La expulsión del aire introducido a lo largo del movimiento helicoidal.

Los descargadores a vórtice consisten de tres partes: a) la estructura de ingreso, b) el ducto de caída vertical, y c) la estructura de salida. En estos descargadores, el flujo ingresa tangencialmente a una cámara superficial y se genera un vórtice libre

a lo largo de un ducto vertical. En el eje del ducto vertical se formará un núcleo de aire, mientras la velocidad a lo largo del ducto se reduce por la fricción en las paredes. Al pie se construye una cámara de disipación que permitirá entregar en condiciones controladas el caudal hacia los tramos aguas abajo.

GRÁFICO N°.- 16 a) GEOMETRÍA PARA FLUJO SUB CRÍTICO, b) GEOMETRÍA PARA FLUJO SUPERCRTICO



(Hager, 1995)

6.7 METODOLOGÍA

6.7.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE ALCANTARILLADO MODIFICADO.

El presente capítulo describe los elementos a tener en cuenta para la evaluación de los parámetros hidráulicos, mediante programa EPA-SWMM 5 del modelo hidráulico modificado.

Paso 1. Inicia el programa, desde el lugar donde esté instalado. La primera pantalla visualizada es la de trabajo; posteriormente se ingresa en la parte superior

izquierda la opción PROYECTO, en la que aparecerá la ventana de: VALORES PREDETERMINADOS, en esta ventana se ingresa manualmente los identificativos de cada uno de los objetos hidráulicos, en la pestaña continua de nudos o líneas selecciono la geometría del conducto y la unidad de caudal.

Objeto	Prefijo
Lluvias	LL-
Cuencas	C-
Conexiones	P-
Vertidos	D-
Divisores	V-
Depósitos	Dep-
Conductos	T-
Bombas	B
Reguladores	Reg-
Incremento ID	1

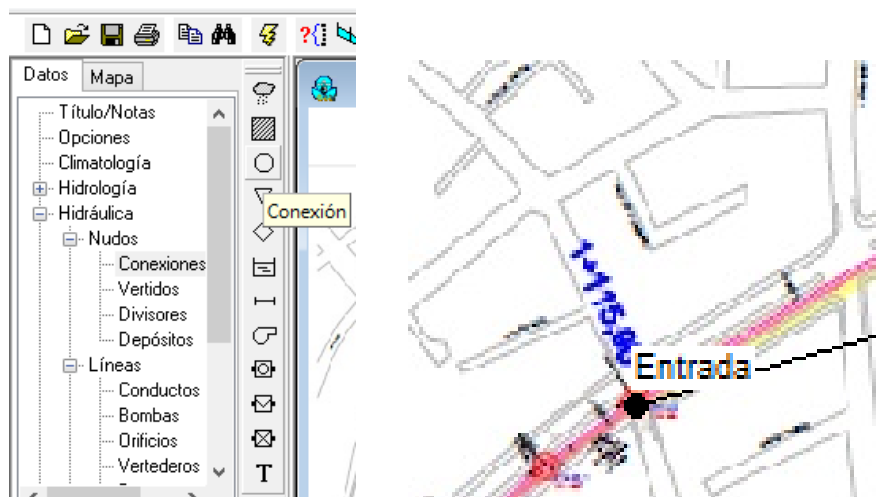
Para la identificación de las líneas en el parámetro geometría de conductos identificamos la forma geométrica, en el caso del túnel se utiliza la forma: MODBASKETHANDLE, ingresando la altura o profundidad máxima, el ancho o base del proyecto y el radio superior

Opción	Valor predeterminado
Cota Fondo del Nudos	0
Profundidad Max. Nudos	0
Área Inund. Nudos	0
Longitud Conductos	400
Geometría Conductos	MODBASKETHANDLE
n Manning Conductos	0.01
Unidades de caudal	LPS
Desnivel Líneas	DEPTH
Modelo cálculo hidráulico	Onda Cinemática
Ecuación Tub. Forzada	Darcy-Weisbach

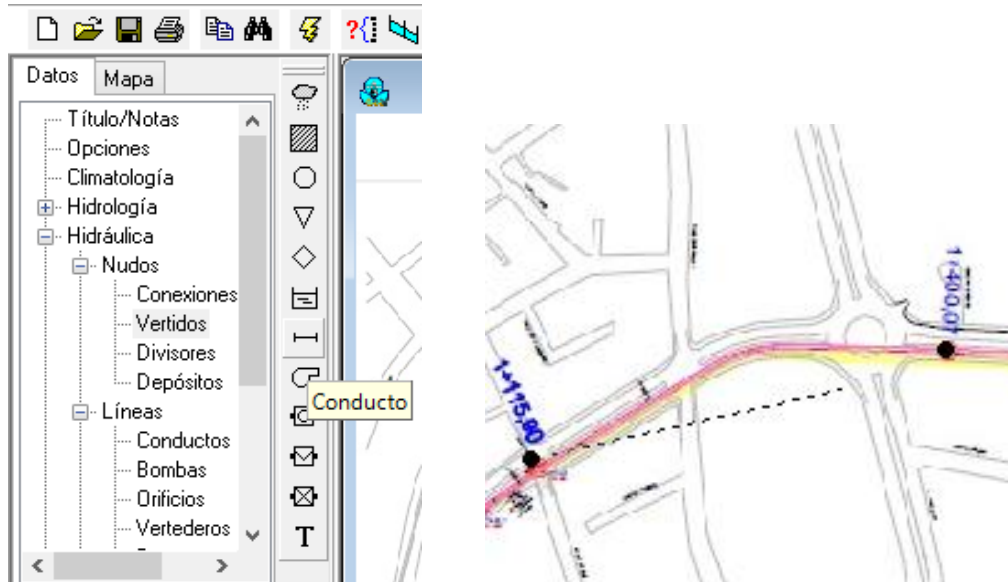
Paso 2. Al presionar aceptar en la parte superior izquierda, se encuentra la opción VER, seguidamente se abre la opción FONDO y CARGAR, el programa se encuentra listo para asignar el fondo del proyecto, seleccionando un archivo en extensión jpg.



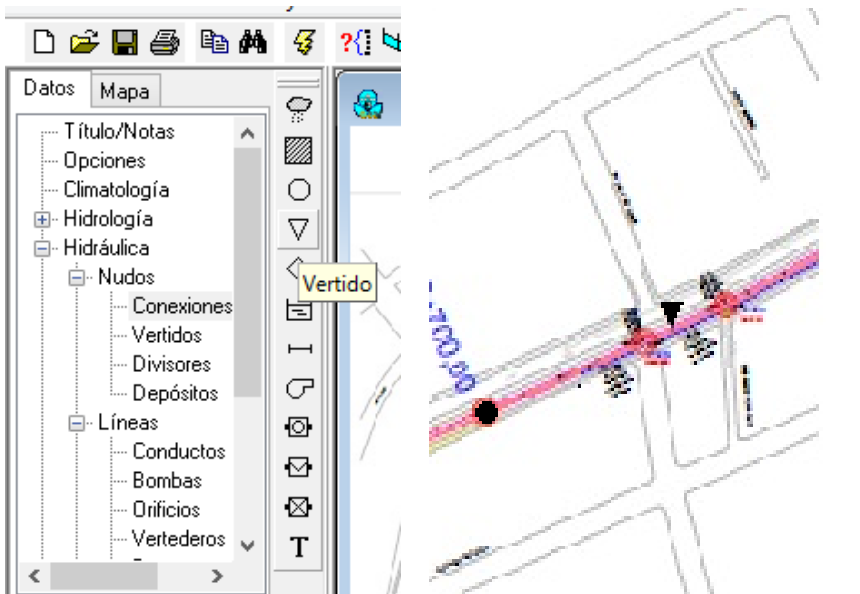
Paso 3. Al presionar ACEPTAR, el programa se encuentra apto para el ingreso de los identificativos en cada una de las abscisas ya establecidas mediante el fondo implantado, señalando en la parte izquierda CONEXIÓN, misma que nos servirá para el numerar los pozos de acceso a túnel a más de las cámaras de ingreso y salida del proyecto.



Paso 4. Al finalizar el ingreso de las conexiones, se ingresa en la parte izquierda IDENTIFICATIVOS, en este caso en la misma columna se ingresa la opción CONDUCTO, las misma que nos servirá para ingresar el caudal aportante a la red de alcantarillado de los diez tramos que constituyen el proyecto.



Paso 5. A continuación se concluye colocando todos los IDENTIFICATIVOS del proyecto con la opción VERTIDO, para la descarga al llegar a los diez tramos.



Paso 6. En el desarrollo del programa es indispensable contar con una tabla resumida de los datos a ingresarse dentro del proyecto, misma que se presenta a continuación.

TABLA N° 17 DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA VALORES REALES

TÚNEL MODIFICADO					
Identificación	Abscisa	Longitud (m)	Cota final túnel (msnm)	Profundidad Máxima (m)	Caudal (q)
Entrada	1.119,28		2.690,58	17,10	17.790,39
		284,10			
Pozo 9	1.400,00		2.685,39	14,10	21.444,63
		166,07			
Pozo 8	1.566,07		2.685,21	21,10	21.444,63
		147,90			
Pozo 7	1.713,97		2.684,11	20,70	21.444,63
		152,02			
Pozo 6	1.865,99		2.682,70	24,15	25.880,51
		172,58			
Pozo 5	2.038,57		2.680,91	23,50	25.880,51
		124,50			
Pozo 4	2.163,07		2.680,13	20,10	25.880,51
		167,60			
Pozo 3	2.330,67		2.661,13	29,10	25.880,51
		125,40			
Pozo 2	2.456,07		2.660,27	22,30	25.880,51
		138,00			
Pozo 1	2.594,07		2.658,74	10,60	25.880,51
		105,93			
Salida	2.700,00		2.655,78	6,50	25.880,51

Realizado por: Viviana Santamaría

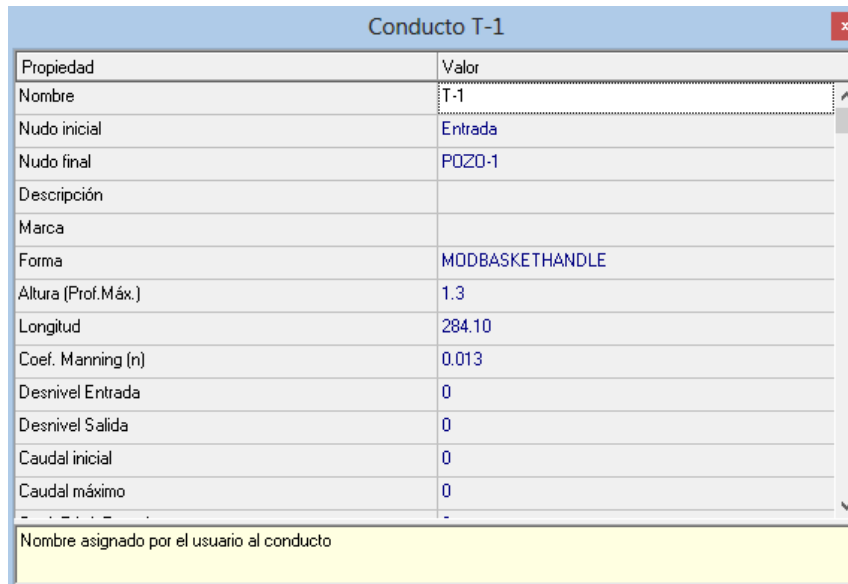
Paso 7. Para los pasos siguientes se utilizará la tabla de resumen N°.17 Al presionar el botón de CONEXIÓN, para cada uno de los nueve identificativos, aparece una ventana en la cual indica el nudo, misma se procede a ingresar las propiedades como son NOMBRE, seguido del VALOR MEDIO, que es el valor del caudal de ingreso, COTA DE FONDO de acuerdo al proyecto, en cada uno de

los pozos, la PROFUNDIDAD MÁXIMA, en la propiedad de APORTES se ingresa el valor del caudal que consta en el proyecto original.

Propiedad	Valor
Nombre	Entrada
Coordenada X	-2742.760
Coordenada Y	2402.044
Descripción	
Marca	
Aportes	YES
Tratamiento	NO
Cota del fondo	2690.58
Profundidad Máxima	17.10
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0
Pulsar para especificar aportes externos de agua u otros compuestos que se recogen en la conexión	

Paso 8. Al seleccionar el conducto aparecerá una ventana que contiene las propiedades de la tubería, en esta se ingresa la FORMA: MODBASKETHANDLE, en la pestaña de LONGITUD, nos basaremos en la tabla N°. 17 y se procede a colocar la longitud de pozo a pozo, ya descrita

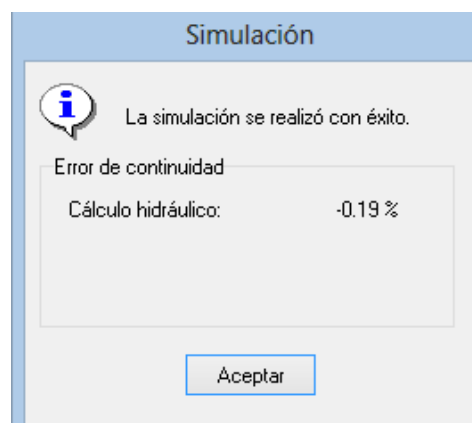
anteriormente además el COEF. MANNING (n): 0.013; este coeficiente se ha seleccionado de acuerdo a la tabla 16 correspondiente al concreto.



Propiedad	Valor
Nombre	T-1
Nudo inicial	Entrada
Nudo final	POZO-1
Descripción	
Marca	
Forma	MOBASKETHANDLE
Altura (Prof. Máx.)	1.3
Longitud	284.10
Coef. Manning (n)	0.013
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0

Nombre asignado por el usuario al conducto

Paso 9. Para obtener los resultados, ingrese en la parte superior al menú calcular, inmediatamente el programa calculará el comportamiento de flujo (velocidad, tirante de agua, pendiente, etc...)



Paso 10. En el menú que se encuentra en la parte superior izquierda, se encontrará la opción MAPA, en la que posteriormente se podrá visualizar los NUDOS y LÍNEAS.

Datos Mapa

Temas

Subcuencas
Ninguna

Nudos
Ninguna

Líneas
Pendiente

Instante

Fecha
03/30/2015

Hora
00:15:00

Tiempo desde Inicio
0.00:15:00

Animación


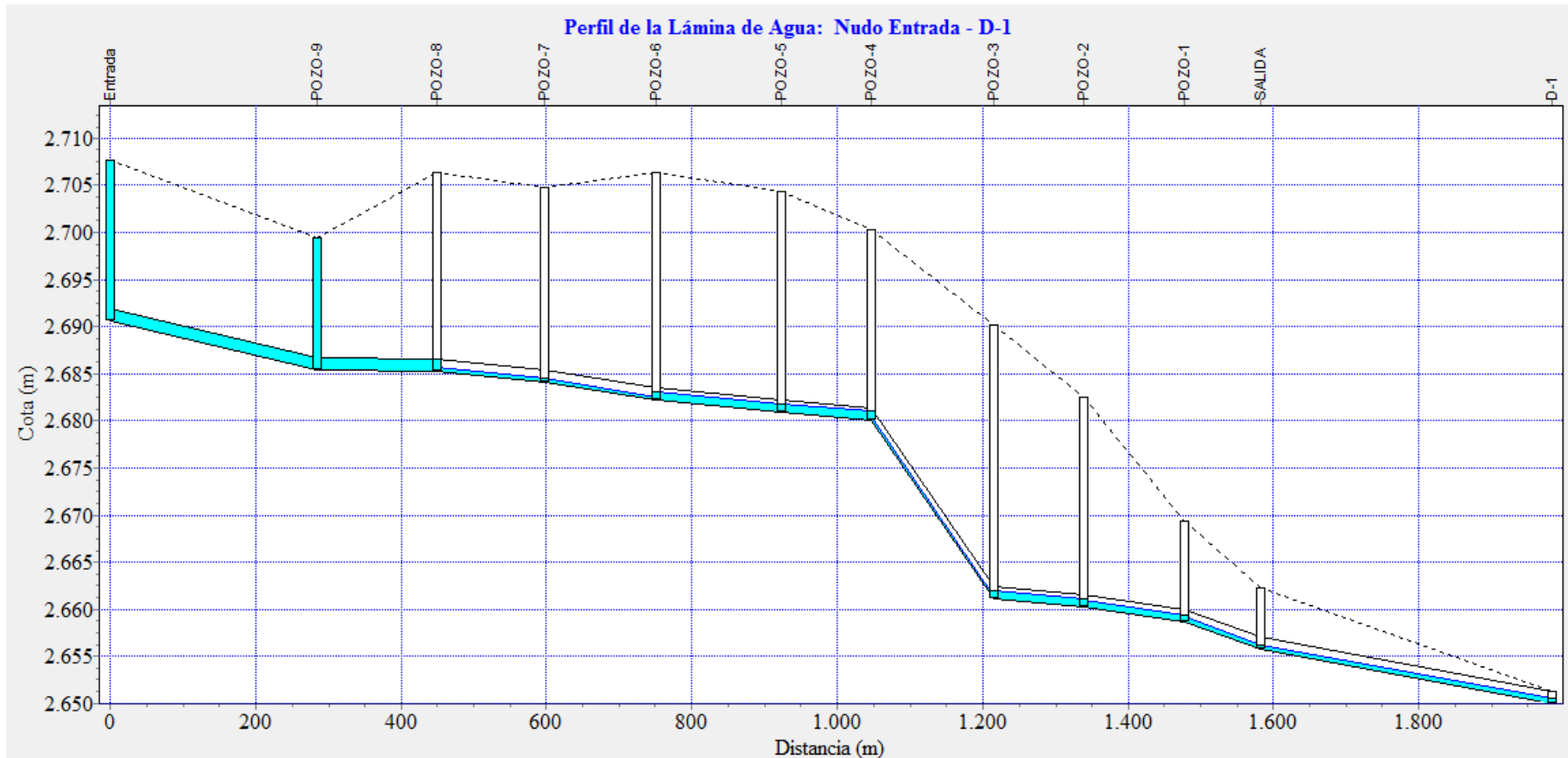
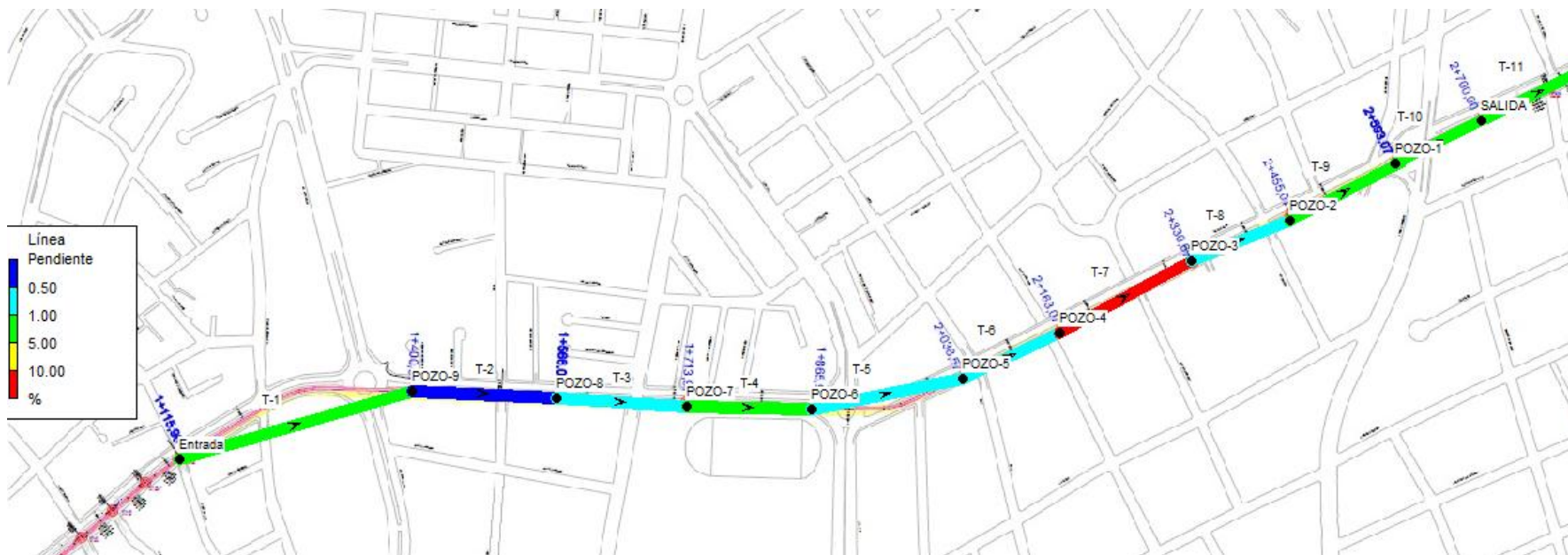


GRÁFICO N°.- 17 PERFIL DE LÁMINA DE AGUA



Al realizar el análisis existe saturación de flujo que hace muy probable el ahogamiento, para solucionar esto será necesario corregir las pendientes de la tubería de pozo 8 a pozo 9.

GRÁFICO N°.- 18 LÍNEA DE PENDIENTE



De los diez tramos que contiene el proyecto el único tramo que presenta inconveniente es el tramo siete desde el pozo 4 hacia el pozo 3, ya que la pendiente es superior al 10%, por lo que en este tramo crítico se debe emplear un procedimiento adecuado para que el sistema trabaje correctamente.

GRÁFICO N°.- 19 LÍNEA DE VELOCIDAD CON VALORES REALES



GRÁFICO N°.- 20 LÍNEA DE CAPACIDAD



De acuerdo a lo establecido en los cálculos anteriores se presenta un cuadro resumen de los parámetros hidráulicos que intervienen en el proyecto:

**TABLA N° 18 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MODELO
HIDRÁULICO TÚNEL MODIFICADO**

TÚNEL MODIFICADO			
Identificación	Velocidad (m/s)	Pendiente %	Capacidad %
Entrada - Pozo 9	5,62	1,83	1,00
Pozo 9 - Pozo 8	1,37	0,11	1,00
Pozo 8 - Pozo 7	3,15	0,74	0,35
Pozo 7 - Pozo 6	3,76	1,26	0,29
Pozo 6 - Pozo 5	3,95	0,75	0,65
Pozo 5 - Pozo 4	3,68	0,63	0,72
Pozo 4 - Pozo 3	10,2	11,41	0,24
Pozo 3 - Pozo 2	3,83	0,69	0,68
Pozo 2 - Pozo 1	4,59	1,11	0,55
Pozo 1 - Salida	6,40	2,82	0,38
Salida - Vertido	6,08	1,44	0,40

CONCLUSIONES

- El parámetro hidráulico correspondiente a velocidad recomendada del proyecto trabaja perfectamente desde la entrada a túnel hacia el pozo 4 así como la pendiente.
- La velocidad del flujo desde el pozo 3 hasta el vertido del proyecto, está dentro del parámetro hidráulico correspondiente a velocidad recomendada así como la pendiente.

- El único tramo que presenta inadecuados valores para que un sistema trabaje óptimamente es el tramo del pozo 4 hacia el pozo 3 superando el valor de velocidad máxima en hormigón de $f'c= 28$ días de 9,00 m/s.
- La pendiente que presenta el proyecto en el tramo pozo 4 hacia pozo 3 es excesiva, por lo que es necesario en este tramo dar una solución adecuada para el correcto funcionamiento.
- La capacidad de la estructura trabaja a conducto totalmente lleno en la entrada a túnel hacia el pozo 9, ahogándose totalmente el caudal.

RECOMENDACIONES

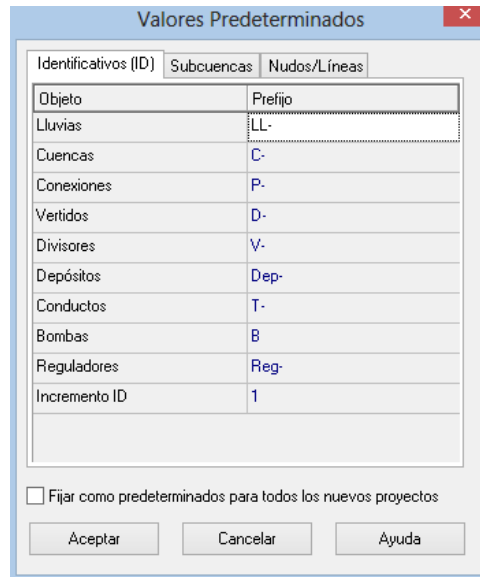
- Realizar una nueva simulación de la estructura en la que se dé una solución efectiva a la inundación que se presenta desde la entrada a túnel hacia el pozo 9.
- Inspeccionar la velocidad en cada uno de los tramos del proyecto.
- Indagar hasta que la capacidad de flujo dentro del conducto trabaje dentro de los niveles hidráulicos adecuados y no se presenten ahogamientos.

6.7.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE ALCANTARILLADO MODIFICADO CORREGIDA

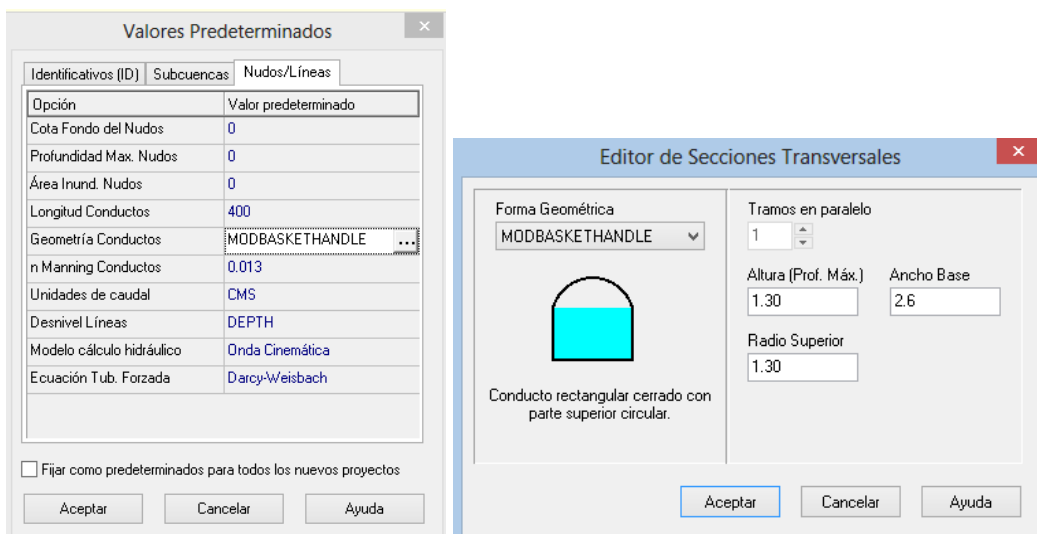
A continuación se realiza el rediseño de la estructura para que el caudal de la estructura trabaje adecuadamente.

Para realizar la modelación hidráulica es necesario simular en diferentes tramos interviniendo en cada uno de los pozos que presentan ahogamiento en la primera simulación; y corrigiendo las profundidades del proyecto para lograr un adecuado trabajo de la red.

Paso 1. Ingresar en la parte superior izquierda la opción PROYECTO, en la que aparecerá la ventana de: VALORES PREDETERMINADOS, en esta ventana se ingresa manualmente los identificativos de cada uno de los objetos hidráulicos, en la pestaña continua de nudos o líneas selecciono la geometría del conducto y la unidad de caudal.



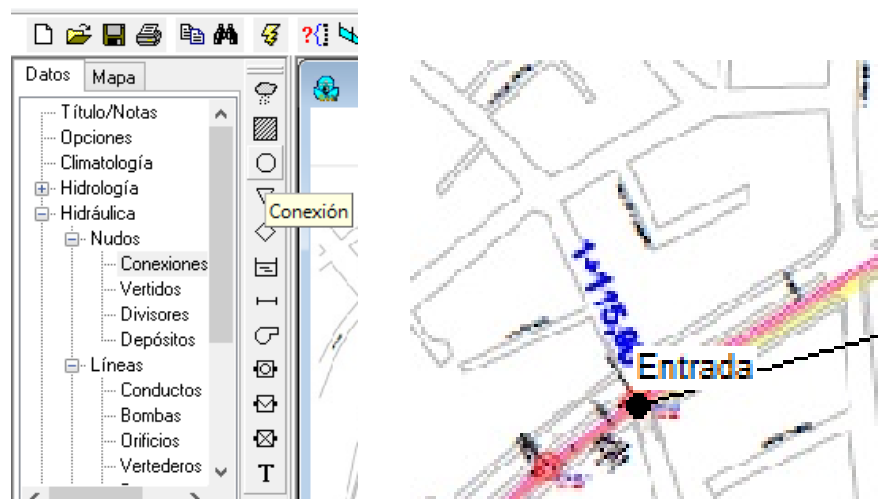
Para la identificación de las líneas en el parámetro geometría de conductos identificamos la forma geométrica, en el caso del túnel se utiliza la forma: MODBASKETHANDLE, ingresando la altura o profundidad máxima, el ancho o base del proyecto y el radio superior.



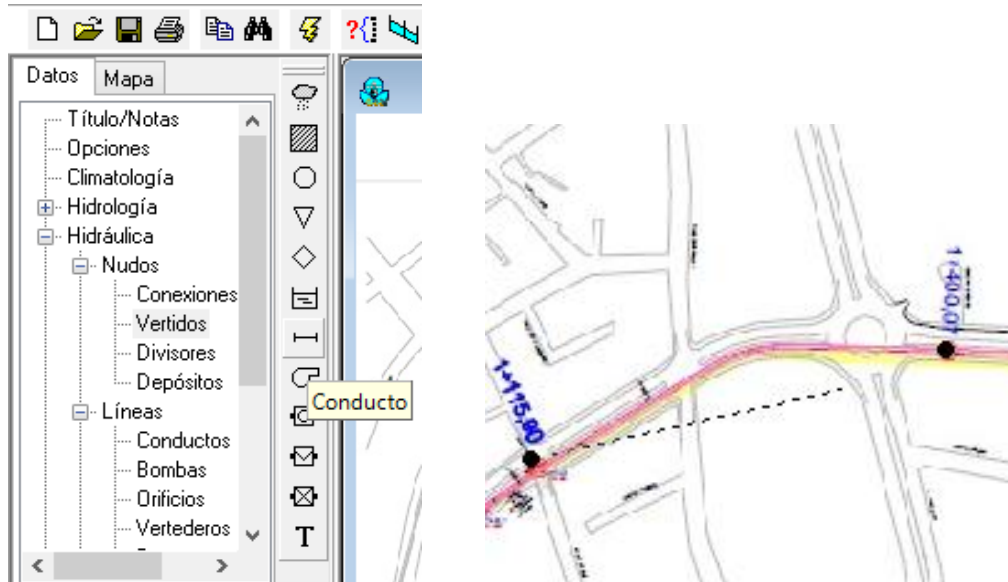
Paso 2. Al presionar aceptar en la parte superior izquierda, se encuentra la opción VER, seguidamente se abre la opción FONDO y CARGAR, el programa se encuentra listo para asignar el fondo del proyecto, seleccionando un archivo en extensión jpg.



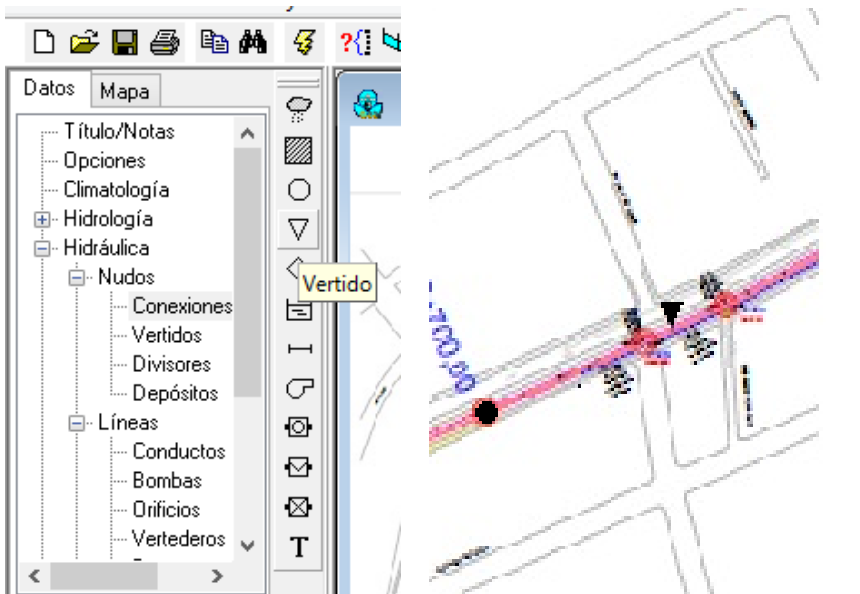
Paso 3. Al presionar ACEPTAR, el programa se encuentra apto para el ingreso de los identificativos en cada una de las abscisas ya establecidas mediante el fondo implantado, señalando en la parte izquierda CONEXIÓN, misma que nos servirá para el numerar los pozos de acceso a túnel a más de las cámaras de ingreso y salida del proyecto.



Paso 4. Al finalizar el ingreso de las conexiones, se ingresa en la parte izquierda IDENTIFICATIVOS, en este caso en la misma columna se ingresa la opción CONDUCTO, las misma que nos servirá para ingresar el caudal aportante a la red de alcantarillado de los diez tramos que constituyen el proyecto.



Paso 5. A continuación se concluye colocando todos los IDENTIFICATIVOS del proyecto con la opción VERTIDO, para la descarga al llegar a los diez tramos.



Paso 6. Para el desarrollo de análisis, se ha intervenido en varios pozos de acceso a túnel, mismos que han variado su cota final del túnel, logrando así obtener un desahogo en la red y un funcionamiento adecuado, a continuación se presenta una tabla de datos ensayados.

TABLA N° 19 DATOS DE INGRESO AL PROGRAMA VALORES ENSAYADOS

TÚNEL MODIFICADO CON DATOS ENSAYADOS					
Identificación	Abscisa	Longitud (m)	Cota final túnel (msnm)	Profundidad Máxima (m)	Caudal (q)
Entrada	1.119,28		2.690,58	17,10	17.790,39
		284,10			
Pozo 9	1.400,00		2.685,39	14,10	21.444,63
		166,07			
Pozo 8	1.566,07		2.684,50	21,10	21.444,63
		147,90			
Pozo 7	1.713,97		2.681,11	20,70	21.444,63
		152,02			
Pozo 6	1.865,99		2.678,70	24,15	25.880,51
		172,58			
Pozo 5	2.038,57		2.675,91	23,50	25.880,51
		124,50			
Pozo 4	2.163,07		2.674,20	20,10	25.880,51
		167,60			
Pozo 3	2.330,67		2.663,13	29,10	25.880,51
		125,40			
Pozo 2	2.456,07		2.660,27	22,30	25.880,51
		138,00			
Pozo 1	2.594,07		2.658,74	10,60	25.880,51
		105,93			
Salida	2.700,00		2.655,78	6,50	25.880,51

Realizado por: Viviana Santamaría

Paso 7. Para los pasos siguientes se utilizará la tabla de resumen N°. 19 Al presionar el botón de CONEXIÓN, para cada uno de los nueve identificativos, aparece una ventana en la cual indica el nudo, misma se procede a ingresar las propiedades como son NOMBRE, seguido del VALOR MEDIO, que es el valor

del caudal de ingreso, COTA DE FONDO de acuerdo al proyecto, en cada uno de los pozos, la PROFUNDIDAD MÁXIMA, en la propiedad de APORTES se ingresa el valor del caudal que consta en el proyecto original.

Aportes para el Nudo Entrada

Directo | Tiempo Seco | Hidrogramas Unitarios

Componente: FLOW

Valor Medio: 17790.39

Patrón: []

Serie Temporal: []

Factor de Escala: 1.0

$$\text{Aporte} = (\text{Valor Medio}) \times (\text{Patrón}) + (\text{Valor Serie Temporal}) \times (\text{Factor de Escala})$$

NOTA: Si el Valor Medio o la Serie Temporal se dejan en blanco, toman el valor 0. Si el Patrón se deja en blanco, toma el valor 1.0.

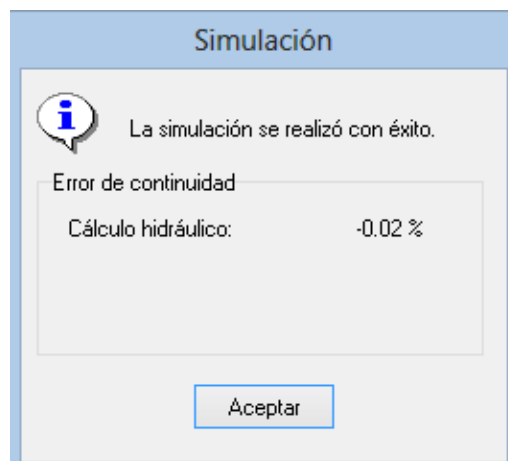
Nudo CAMARA-DE-ENTRADA

Propiedad	Valor
Nombre	CAMARA-DE-ENTRADA
Coordenada X	-2337.559
Coordenada Y	2535.658
Descripción	
Marca	
Aportes	YES
Tratamiento	NO
Cota del fondo	2690.58
Profundidad Máxima	17.1
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	[]
Área en la parte superior del nudo sobre la que se produce el fenómeno de inundación (m2)	

Paso 8. Al seleccionar el conducto aparecerá una ventana que contiene las propiedades de la tubería, en esta se ingresa la FORMA: MODBASKETHANDLE, en la pestaña de LONGITUD, nos basaremos en la tabla N°. 17 y se procede a colocar la longitud de pozo a pozo, ya descrita anteriormente además el COEF. MANNING (n): 0.013; este coeficiente se ha seleccionado de acuerdo a la tabla 16 correspondiente al concreto.

Conducto T-1	
Propiedad	Valor
Nombre	T-1
Nudo inicial	Entrada
Nudo final	POZO-1
Descripción	
Marca	
Forma	MODBASKETHANDLE
Altura (Prof. Máx.)	1.3
Longitud	284.10
Coef. Manning (n)	0.013
Desnivel Entrada	0
Desnivel Salida	0
Caudal inicial	0
Caudal máximo	0
Nombre asignado por el usuario al conducto	

Paso 9. Para obtener los resultados, ingrese en la parte superior al menú calcular, inmediatamente el programa calculará el comportamiento de flujo (velocidad, tirante de agua, pendiente, etc...)

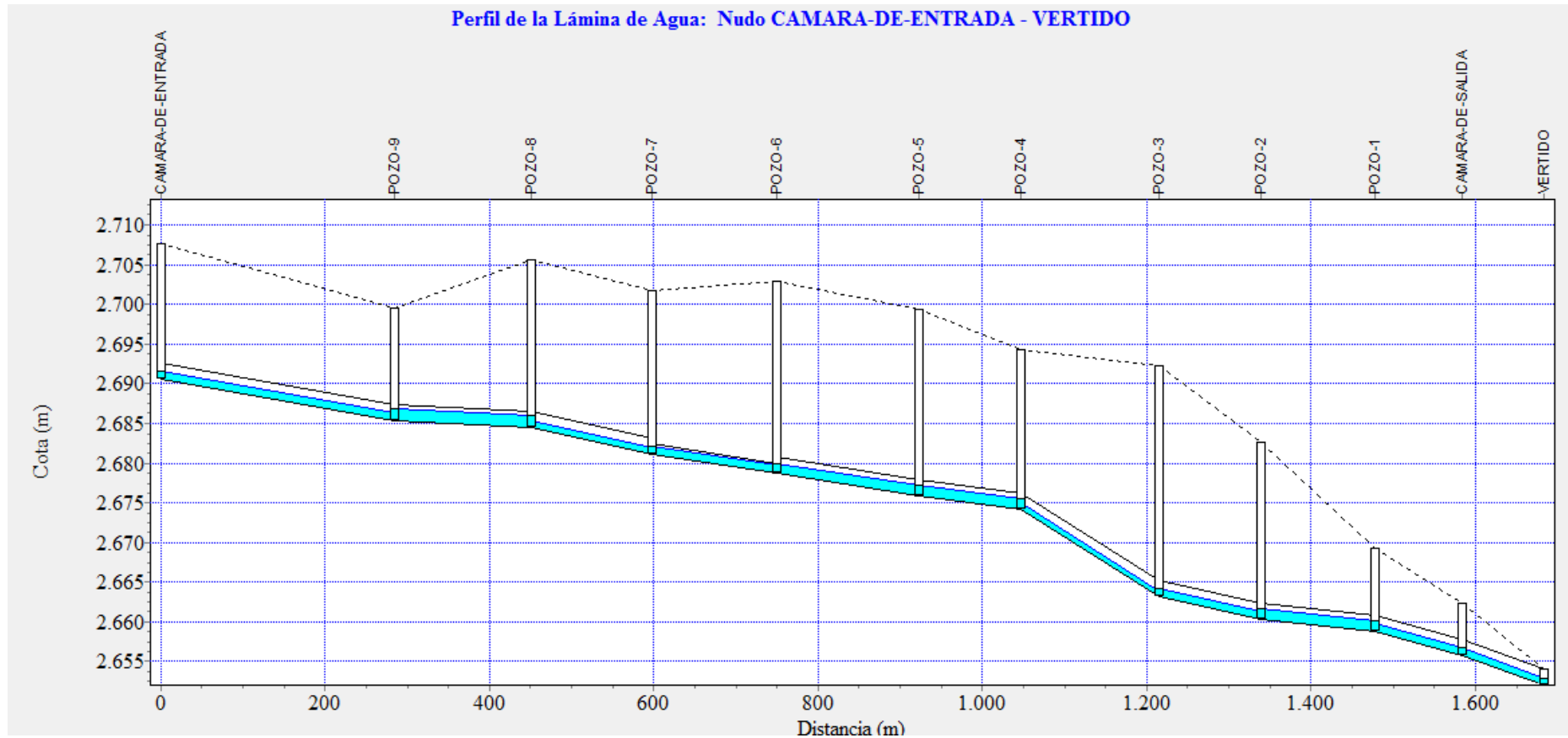


Paso 10. En el menú que se encuentra en la parte superior izquierda, se encontrará la opción MAPA, en la que posteriormente se podrá visualizar los NUDOS y LÍNEAS.

The image shows a software interface with two tabs: 'Datos' and 'Mapa'. The 'Mapa' tab is active. Below the tabs, there are several sections for configuration:

- Temas:** A section containing three dropdown menus: 'Subcuencas' (set to 'Ninguna'), 'Nudos' (set to 'Ninguna'), and 'Líneas' (set to 'Pendiente').
- Instante:** A section for time settings, including a 'Fecha' dropdown (set to '03/30/2015'), a 'Hora' dropdown (set to '00:15:00'), and a 'Tiempo desde Inicio' spinner (set to '0.00:15:00').
- Animación:** A section with playback controls: a square play button (highlighted with a red box), a stop button, and a progress bar with a slider.

GRÁFICO N.º.- 21 PERFIL DE LÁMINA DE AGUA CON DATOS ENSAYADOS



Se observa un flujo en la tubería sin ahogamientos y con una variación normal de calados a lo largo de la misma, persistiendo la variación brusca de pendiente entre los pozos 4-3.

GRÁFICO N°.- 22 LÍNEA DE PENDIENTE ENSAYADA

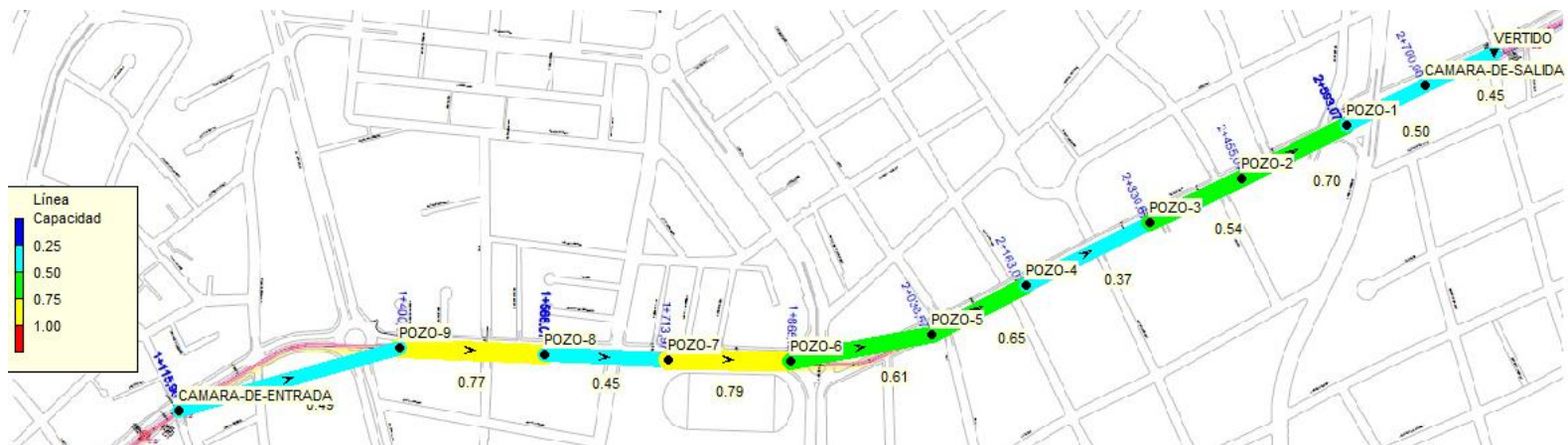


De los diez tramos que contiene el proyecto ningún tramo presenta inconveniente, pero si se debe analizar el tramo comprendido desde el pozo 4 hacia el pozo 3, por lo que en este tramo crítico se debe emplear un procedimiento adecuado para que el sistema trabaje correctamente.

GRÁFICO N°.- 23 LÍNEA DE VELOCIDAD CON VALORES ENSAYADOS



GRÁFICO N°.- 24 LÍNEA DE CAPACIDAD CON VALORES ENSAYADOS



De acuerdo a lo establecido en los cálculos anteriores se presenta un cuadro resumen de los parámetros hidráulicos realizados al tanteo dando como resultado la siguiente tabla.

TABLA N° 20 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MODELO HIDRÁULICO TÚNEL MODIFICADO

TÚNEL MODIFICADO			
Identificación	Velocidad (m/s)	Pendiente %	Capacidad %
Entrada - Pozo 9	7,03	1,83	0,43
Pozo 9 - Pozo 8	4,46	0,54	0,77
Pozo 8 - Pozo 7	7,63	2,29	0,45
Pozo 7 - Pozo 6	6,68	1,59	0,79
Pozo 6 - Pozo 5	7,18	1,62	0,61
Pozo 5 - Pozo 4	7,76	1,37	0,65
Pozo 4 - Pozo 3	11,95	6,62	0,37
Pozo 3 - Pozo 2	8,16	2,28	0,54
Pozo 2 - Pozo 1	6,24	1,11	0,70
Pozo 1 - Salida	8,78	2,80	0,50
Salida - Vertido	9,00	3,78	0,45

CONCLUSIONES

- El parámetro hidráulico de la nueva modelación el el SWMM-5 correspondiente a la velocidad recomendada del proyecto trabaja perfectamente desde la entrada a túnel hacia el pozo 4 así como la pendiente, obteniendo un desahogo total de la red y mejorando su capacidad
- La velocidad del flujo desde el pozo 3 hasta el vertido del proyecto, está dentro del parámetro hidráulico correspondiente a velocidad recomendada

así como la pendiente alcanzando un desahogo total de la red y mejorando su capacidad

- El tramo del pozo 4 hacia el pozo 3 ha superado el valor de velocidad máxima en hormigón de $f'c= 28$ días de 9,00 m/s.
- La pendiente que presenta el proyecto en el tramo pozo 4 hacia pozo 3 es de 6,62%, por lo que es necesario en este tramo dar una solución adecuada para el correcto funcionamiento de la red.
- La capacidad de la estructura trabaja libremente en todo el proyecto.

RECOMENDACIONES

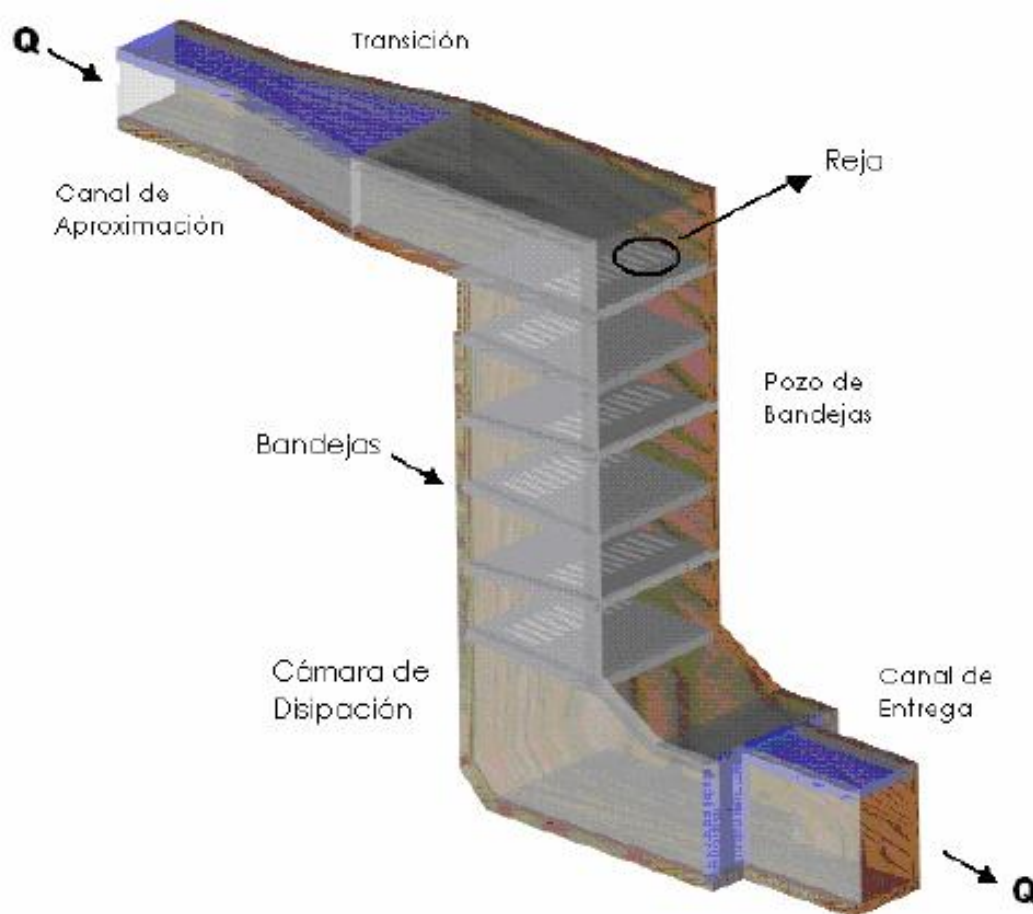
- Al hacer el análisis existe saturación de flujo que hace muy probable el ahogamiento, para solucionar esto sería necesario corregir las pendientes de la tubería de pozo 9 a pozo 8.
- Realizar un diseño adecuado para superar la pendiente en el tramo comprendido desde el pozo 4 hacia el pozo 3, pese a que ya se realizaron modificaciones este tramo es el que presente aún la velocidad y pendiente máxima del proyecto.

Para la ejecución del proyecto se presenta un modelo de pozos de bandeja, el cuál se recomienda realizar el diseño para el tramo de máxima pendiente.

6.7.3 DISEÑO HIDRÁULICO DE POZO DE BANDEJAS ADECUADO PARA EL TRAMO DE MÁXIMA PENDIENTE.

6.7.3.1 BASES DE DIMENSIONAMIENTO DEL DISIPADOR EN BANDEJAS.

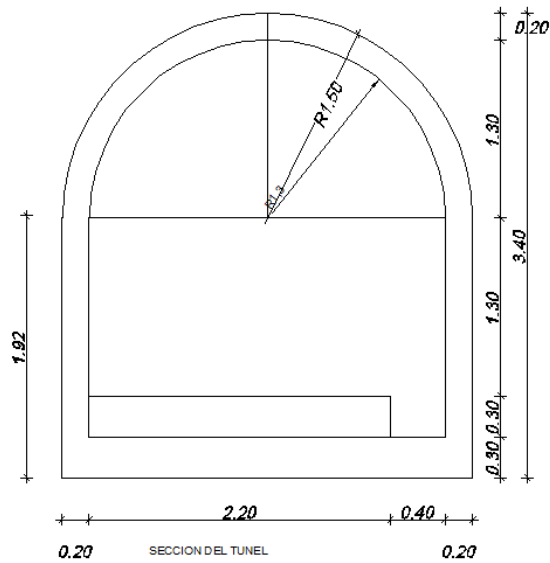
GRÁFICO N°.- 25 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE UN POZO DE BANDEJA CON REJA



CANAL DE APROXIMACIÓN O ENTRADA

El canal de aproximación o entrada debe presentar, un flujo estable y sin ningún tipo de perturbación hacia el pozo de disipación, esta conducción en túnel tipo baúl, por la cual se conduce un caudal de $17.79 \text{ m}^3/\text{s}$. Las dimensiones de la sección transversal de la conducción se presentan en el gráfico siguiente.

GRÁFICO N°.- 26 SECCIÓN DE TÚNEL VÍCTOR HUGO



El túnel cuenta con las siguientes particularidades de acabado:

FOTOGRAFÍA N° 1 TÚNEL TERMINADO



Alto: 1.60 m

Radio: 1.30 m

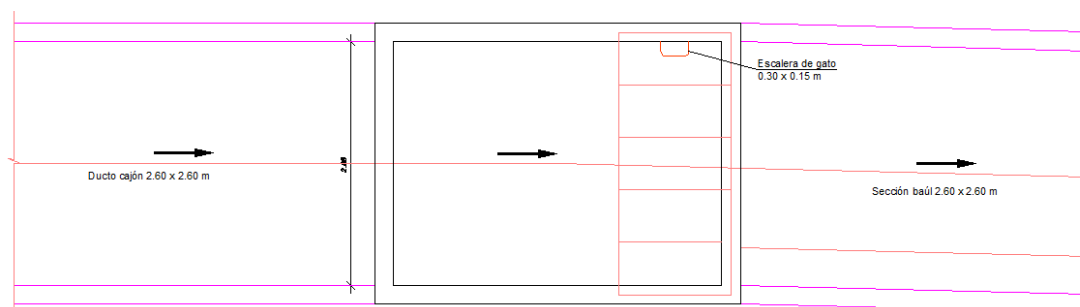
Ancho: 2.60 m

Canal de aguas servidas (primeros años de vida útil): 0.40 m x 0.30 m

CÁMARA DE INGRESO A TÚNEL

El presente detalle de la cámara de ingreso a túnel se presenta para los pozos de acceso a túnel desde la cámara de entrada hasta el pozo 1 siendo el siguiente:

GRÁFICO N°.- 27 VISTA EN PLANTA DE CÁMARA DE INSPECCIÓN AL INGRESO DEL TÚNEL



Realizado por: Viviana Santamaría

La cámara de inspección o pozos de acceso a túnel, se han construido de acuerdo a lo establecido mediante los planos contractuales, mismos que se ha verificado en sitio.

FOTOGRAFÍA N° 2 POZO DE INGRESO A TÚNEL



Las dimensiones establecidas para los pozos de revisión las siguientes:

Ducto terminado: 3.10 m x 2.40 m

Losa de descanso: 1.20 m

Escaleras de gato: 0.30 m x 0.15 m

Viga de Apoyo: 0.15 m x 0.20 m

6.7.4 DIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO

POZO DE DISIPACIÓN

Constituido de un grupo de plataformas horizontales (bandejas) con determinadas características geométricas, dispuestas en forma alternada en toda su altura; a través de las cuales se traslada el flujo dando lugar a la disipación gradual de la energía.

El funcionamiento del pozo de disipación debe garantizar adicionalmente el control de la sedimentación del material o lodo, ningún olor o mal aspecto en su interior; además que su diseño permita una circulación adecuada de aire y facilite el proceso de mantenimiento.

Es conveniente indicar que a la salida del pozo de disipación se puede colocar un pozo de alivio que funcionará como una piscina que permita la disipación de la energía residual del flujo antes del ingreso al colector, o a su vez una estructura de ancho variable que se abre hacia la salida con muros de ala laterales unidos entre sí, para dar origen a un flujo rápido con expansión rectilínea.

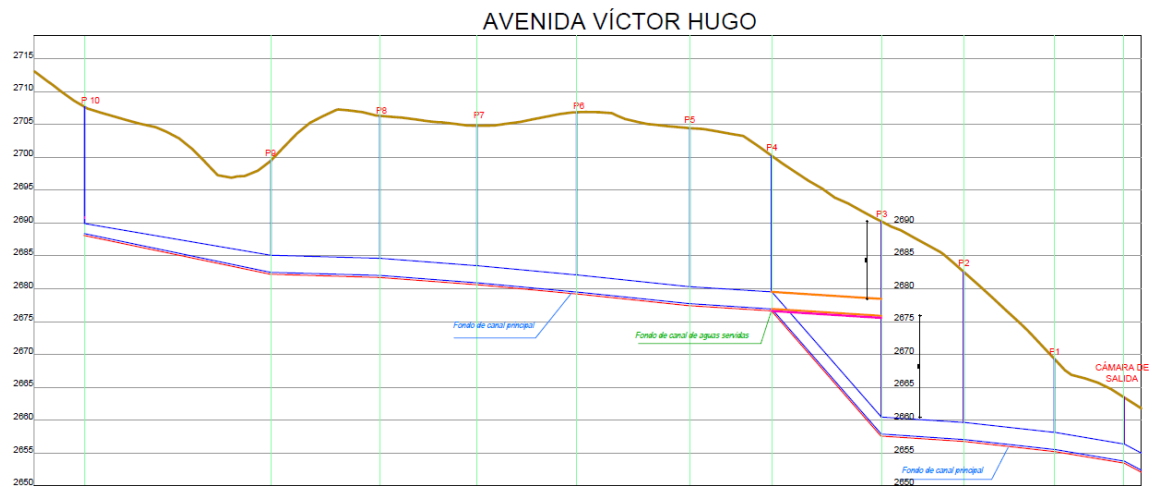
Como un aporte más a los estudios e investigaciones realizadas en torno a los pozos de bandejas como una estructura de disipación de energía, en el presente proyecto de titulación se plantea una modificación geométrica de sus plataformas (bandejas) obteniéndose conclusiones y observaciones que aportan finalmente al diseño óptimo de la estructura.

(Patricia Haro, 2006)

Al presentar como propuesta la construcción de un pozo de bandeja en el tramo comprendido desde la abscisa 2+163,07 con una longitud lineal de 167,60 m mismo que llega hasta la abscisa 2+330,67, para ejecutar esta idea, se ha realizado un alargamiento a la línea de pendiente que viene desde la cámara de entrada hasta el pozo 6, misma que es necesaria conservar para la ejecución del pozo de bandejas.

Se presenta una gráfica del plano modificado para sobrellevar esta fuerte caída, así se evitará la pendiente brusca dando paso a la construcción del mencionado modelo.

GRÁFICO N°.- 28 VISTA EN PLANTA DE CÁMARA DE INSPECCIÓN AL INGRESO DEL TÚNEL



Realizado por: Viviana Santamaría

En la gráfica mostrada se presenta con línea de color azul el túnel que presenta una pendiente modificada del proyecto que es de 114,26%.

Para realizar el diseño de pozo de bandeja se extiende una línea de color anaranjado de igual pendiente a la del pozo - pozo 4 dando una continuidad al flujo.

La cota inicial del proyecto modificado es 1.700,23 msnm finalizando en la cota 2.690,23 msnm con una longitud de 167,60 m misma que produce una pendiente pronunciada de 114,26%.

Se realiza una adecuación para que la línea de pendiente sea continua desde el pozo 6, pozo 5, pozo 4 hasta llegar al pozo 3, produciendo una pendiente de 6.99%.

6.7.4.1 DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DEL POZO DE BANDEJAS

La ecuación general para el dimensionamiento del pozo de bandejas corresponde a la siguiente expresión:

$$Li = 0.142 * K * [(Q)_d]^{\frac{2}{5}}$$

Dónde:

Q_d = Caudal de diseño en (l/s)

Li = Dimensiones del pozo de bandeja

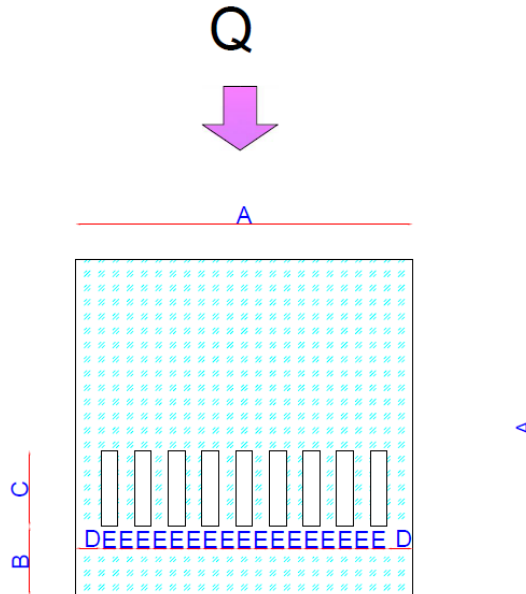
K = Constantes de dimensionamiento para cada Li

TABLA N° 21 CONSTANTE K Y DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LAS BANDEJAS

Li	DESCRIPCIÓN	K
A	Ancho del pozo (m)	1.000
B	Separación de pared frontal a reja (m)	0.190
C	Largo de la reja (m)	0.260
D	Separación entre pared lateral y reja (m)	0.050
E	Ancho de la reja (m)	0.046
H	Altura entre bandejas (m)	0.750

Esquema con las dimensiones geométricas de Li , del pozo de bandejas.

**GRÁFICO N°.- 29 VARIABLES DE LA GEOMETRÍA FINAL
RECOMENDAD DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL**



Realizado por: Viviana Santamaría

Se han definido valores mínimos para cada dimensión L_i . Estos parámetros aseguran dimensiones constructivas y permiten la operación y mantenimiento de la estructura.

**TABLA N° 22 VALORES MÍNIMOS PARA LAS DIMENSIONES L_i DE
LA GEOMETRÍA DE LA BANDEJA**

L_i	DIMENSIÓN MÍNIMA (m)
A	3.30
B	0.53
C	1.02
D	0.24
E	1.65
H	1.65

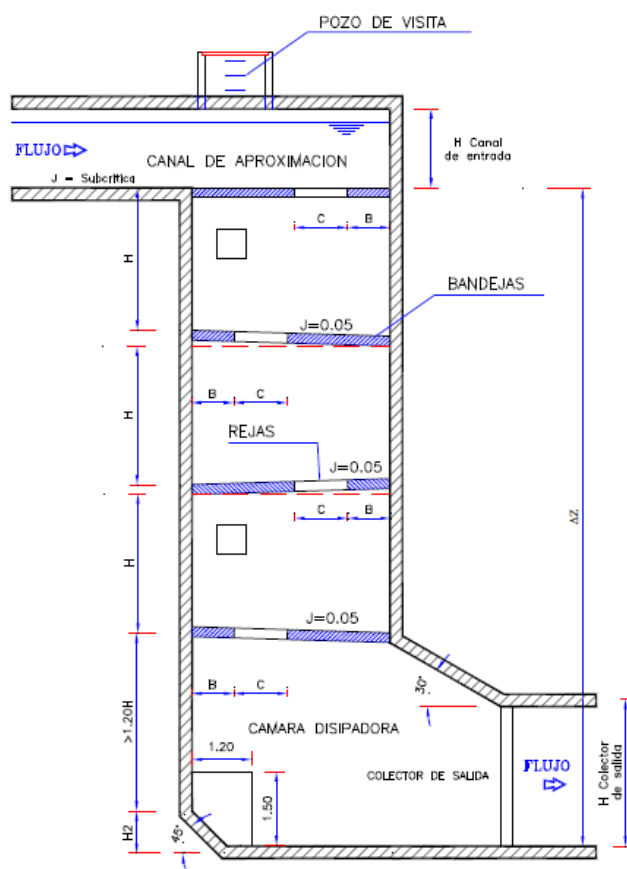
Se plantea la utilización de un ábaco, para simplificar los cálculos. El ábaco funciona exclusivamente para caudal de diseño, introduciendo en las abscisas dicho valor mientras que los datos restantes se reflejan en las ordenadas.

6.7.4.2 DIMENSIONAMIENTO EN ELEVACIÓN DEL POZO DE BANDEJAS

La estructura en elevación consta de varias bandejas, dispuestas transversalmente en la vertical del pozo. El número de bandejas debe ser par siempre, para asegurar el vertido en la cámara de disipación al pie de la estructura.

Para asegurar una correcta disipación de energía con caudales menores al 20% del caudal de diseño, en cada una de las bandejas se asigna una inclinación contra pendiente de manera que se generen cochones de gua suficientes para amortiguar la energía en cada salto. La pendiente recomendada es del 5%, en dirección longitudinal a la dirección del flujo.

GRÁFICO N°.- 30 VARIABLES DE LA GEOMETRÍA RECOMENDADA EN ELEVACIÓN



6.7.4.3 CÁMARA DE DISIPACIÓN AL PIE

Para el diseño, se recomienda que la altura mínima de la cámara disipadora sea 1.20 veces la altura de las bandejas.

$$H_{\text{mín cámara}} = 1.20 H$$

Se recomienda adicionalmente una altura con pendiente de 45 grados para ajustar la altura total con una H_2 , de caída del pozo. Por lo tanto la altura total de la cámara de disipación se encuentra en los siguientes rangos:

$$1.20 * H < H_t < 2.0 * H$$

GRÁFICO N°.- 31 CORTE VERTICAL DE LA CÁMARA DE DISIPACIÓN

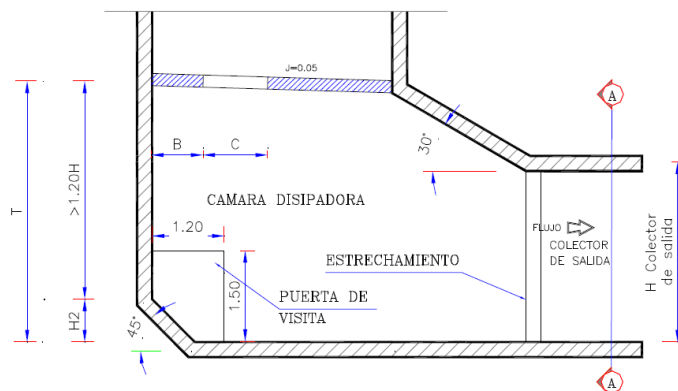


GRÁFICO N°.- 32 CORTE A´A DE LA CÁMARA DE DISIPACIÓN

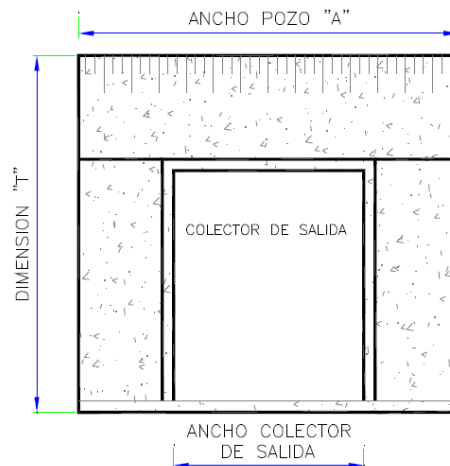
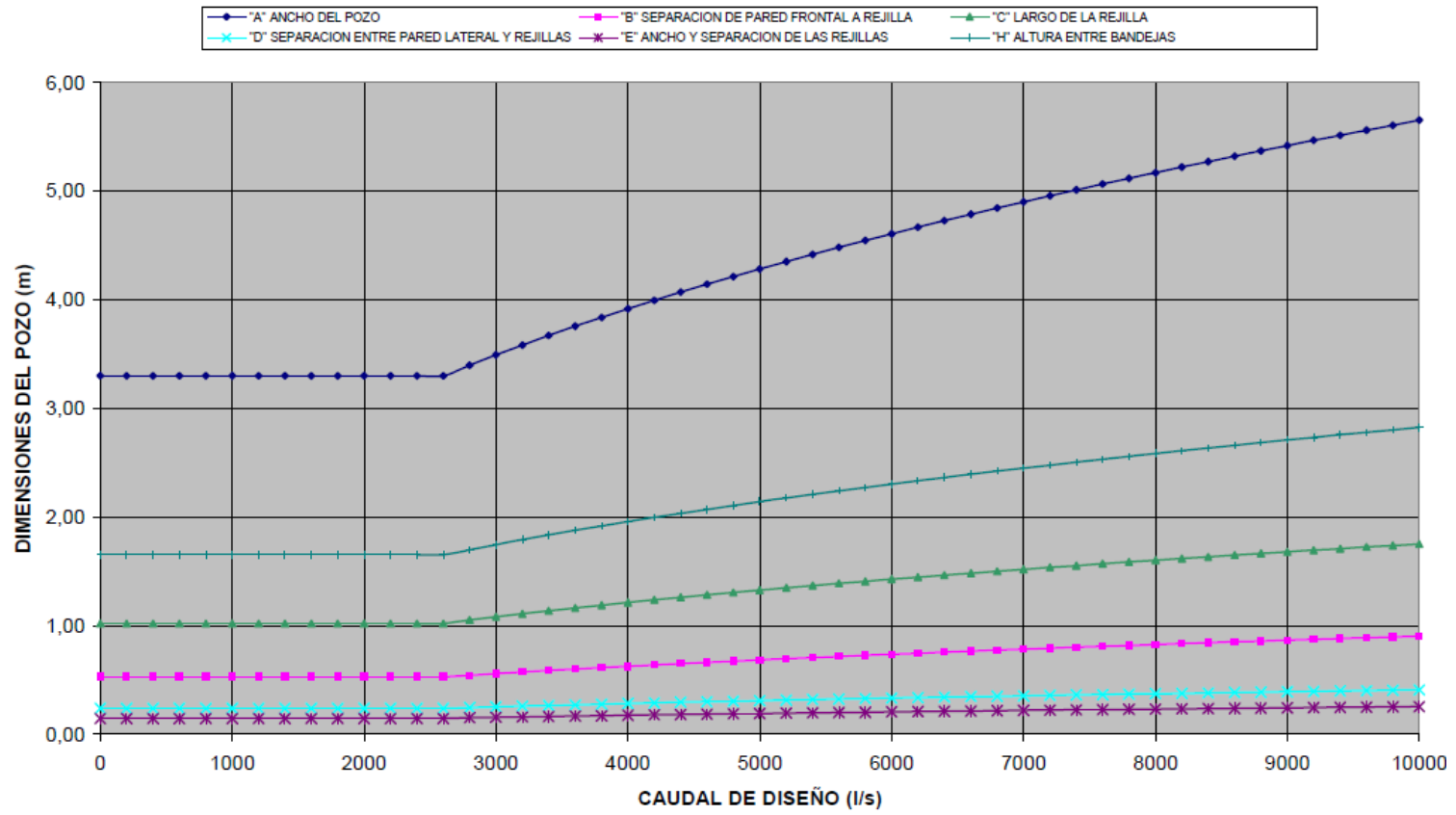
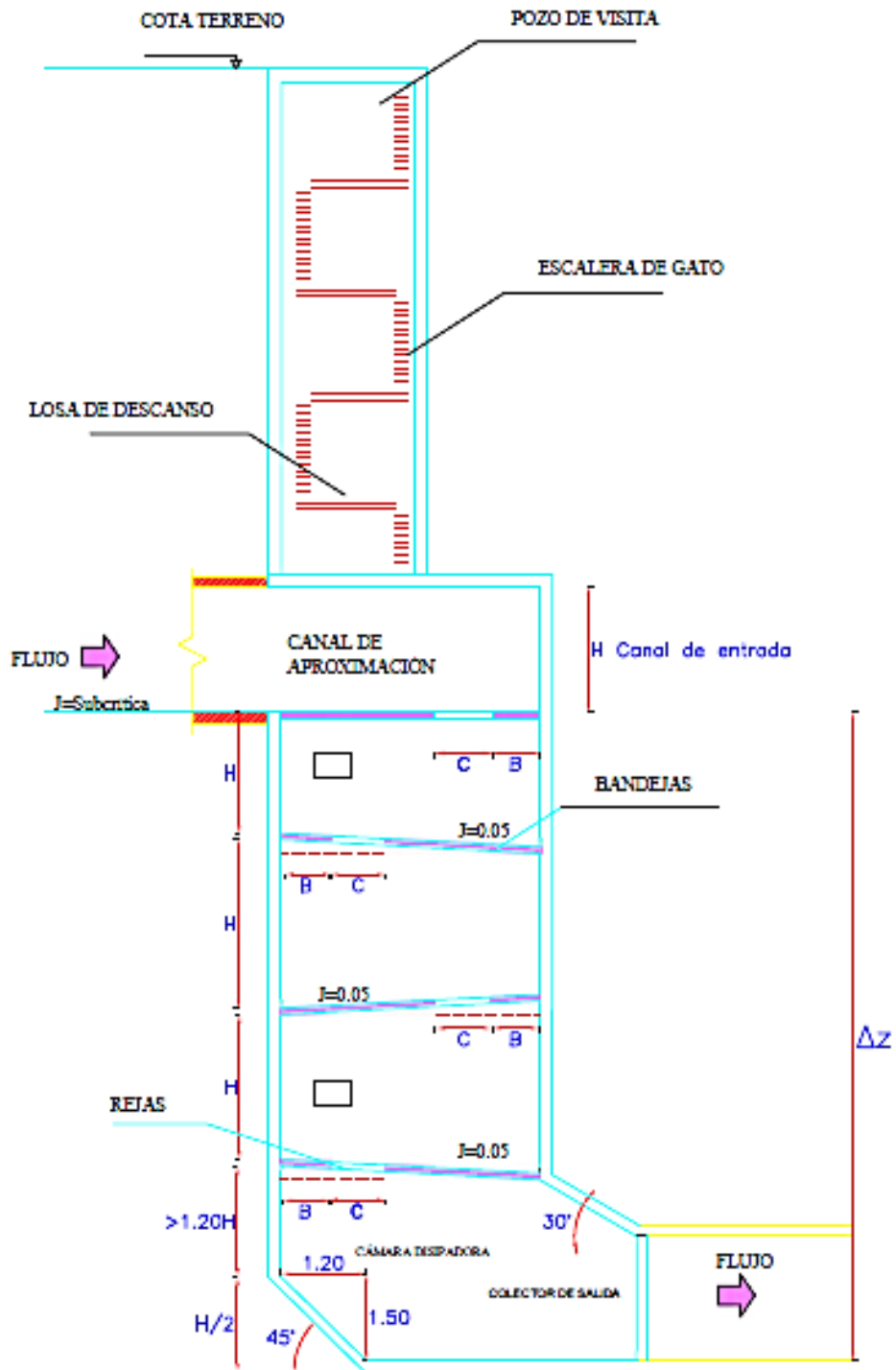


GRÁFICO N°.- 33 ÁBACOS DE DISEÑO



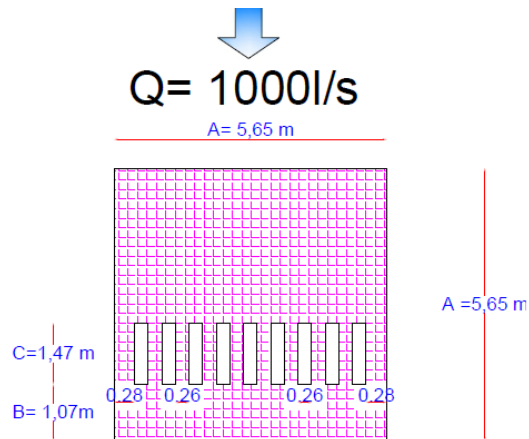
(Patricia Haro, 2006)

GRÁFICO N°.- 34 GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA VÍCTOR HUGO



Realizado por: Viviana Santamaría

GRÁFICO N°.- 35 MODELO DE REJILLA VÍCTOR HUGO



Realizado por: Viviana Santamaría

Valores para pozo de bandejas:

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UNIDAD
Caudal Unitario	q	m^3/s
Número de bandejas	N	-
Ancho del pozo	A	m
Separación de la pared frontal a rejilla	B	m
Largo de la rejilla	C	m
Separación entre pared lateral y rejilla	D	m
Ancho de rejilla	E	m
Altura entre bandejas	H	m
Altura total calculada	Ht	m
Dimensión constructiva	H2	m
Caudal máximo	$Q_{\text{máx}}$	l/s

TABLA N° 23 EXPRESIONES DE CÁLCULO

	SÍMBOLO	EXPRESIÓN DE CÁLCULO	OBSERVACIONES
Datos	Qd		Datos de diseño que dependen de las características de cada proyecto
	b		
	Δz		
	J	5%	Valor Constante
	q	$q=(Qd/b)$	Para este cálculo es necesario tener en cuenta la compatibilidad de unidades
Pozo de Bandejas	Li	$Li=0,142*K*Qd^{(2/5)}$	Li representa cada parámetro de la geometría de bandeja
	Límites	$si(Li < \text{Límite}; \text{Límite}; 0,142*K*Qd^{(2/5)})$	El valor Límite de los parámetros.
	N	$N= \Delta z/H$	El número de bandejas debe aproximarse hacia un valor impar inferior
	Ht	$Ht= N* H+1,2 H$	1,2 H es el valor de altura de la última bandeja (cámara de disipación)
	H2	$H2= \Delta z-Ht$	Valor cuyo cálculo se requiere cuando Ht es menor que Δz
	Capacidad de la estructura	Qmáx	$Qmáx= 1.5 Qd$

6.7.4.4 EJEMPLO DE CÁLCULO

TABLA N° 24 EJEMPLO DE CÁLCULO DE UN POZO DE BANDEJA

N°	Denominación	Símbolo	Unidad	Diseño	Definitivo
1	Caudal de diseño	Qd	l/s	10000,00	
2	Ancho del canal de aproximación	b	m	4,00	
3	Caudal unitario	q	m ³ /ms	2,50	
4	Desnivel entre colectores	Δz	m	27,15	
5	Inclinación en las bandejas	J	%	0,05	
6	Ancho del pozo	A	m	5,65	5,65
7	Separación de la pared frontal a rejilla	B	m	1,07	1,07
8	Largo de rejilla	C	m	1,47	1,47
9	Separación entre pared lateral y rejilla	D	m	0,28	0,28
10	Ancho de rejilla	E	m	0,26	0,26
11	Altura entre bandejas	H	m	4,24	4,24
12	Número de bandejas	N	-	4,72	3,00
13	Altura total calculada	Ht	m	15,38	
14	Ajuste del desnivel	H2	m	2,19	
15	Caudal máximo	Qmáx	l/s	15000,00	

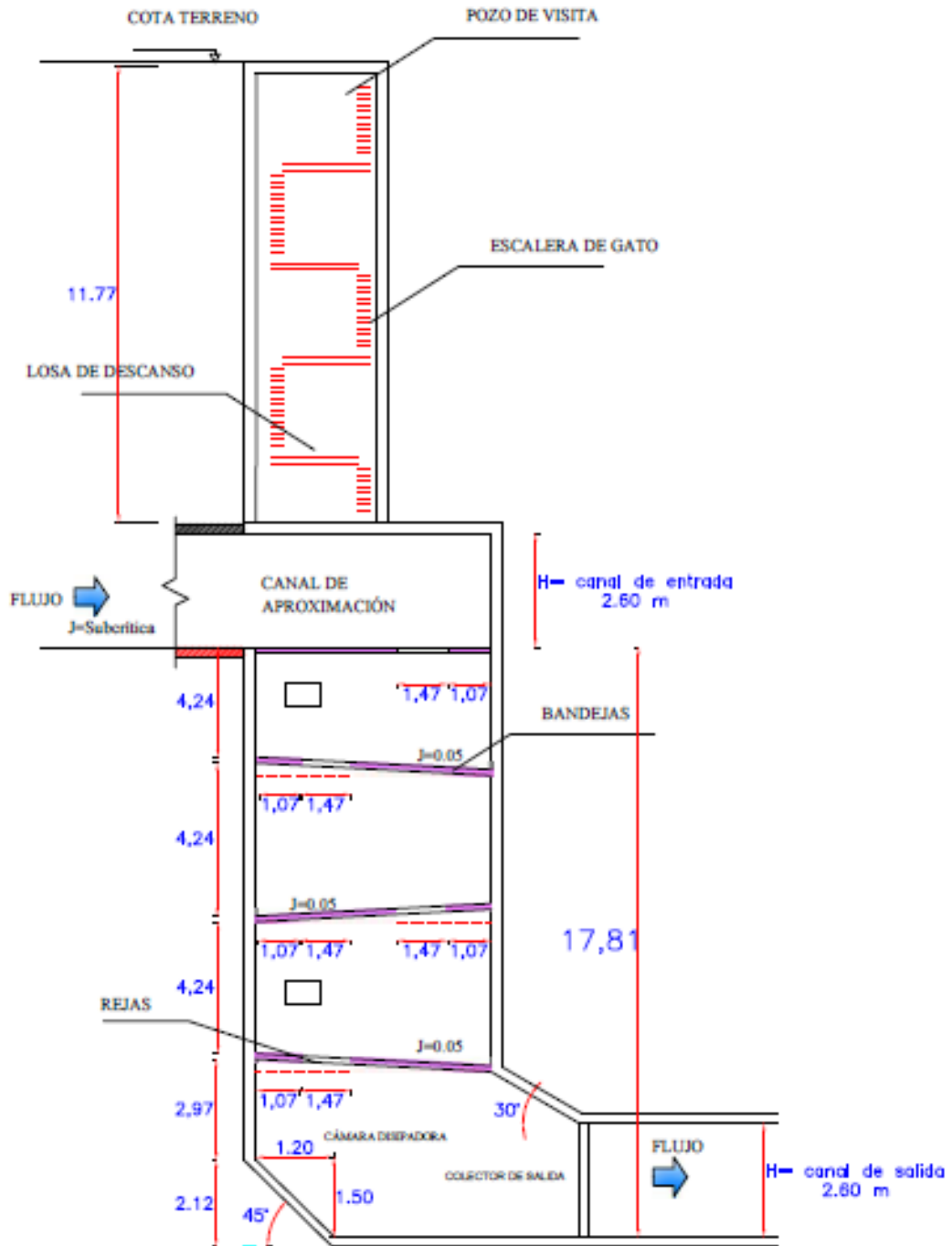
	Datos de diseño
	Valor ajustado o que puede ajustarse a dimensiones constructivas mayores
	Parámetros para control.
	Valor ajustado a un número impar inferior

(Patricia Haro, 2006)

El diseño realizado de pozo de bandeja es para un caudal de 10.000 l/s, que puede soportar un caudal máximo 15.000,00 l/s conforme al planteamiento de los autores.

Mediante este análisis se determina que para el proyecto se utilice dos pozos de bandeja con reja de las siguientes características:

GRÁFICO N°.- 36 DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA VÍCTOR HUGO



Realizado por: Viviana Santamaría

CONCLUSIONES

- El pozo de bandeja se ha diseñado para un caudal de 10.000,00 l/s
- EL pozo de bandeja consta de secciones de:
 - A= 5,65 m;
 - B= 1,07 m
 - C=1,47 m
 - D= 0,28
 - E= 0,26 m
 - H= 4,24 m
- El proyecto túnel Víctor Hugo constará de dos pozos de bandeja de la misma dimensión, en la abscisa 2+330,67.

RECOMENDACIONES

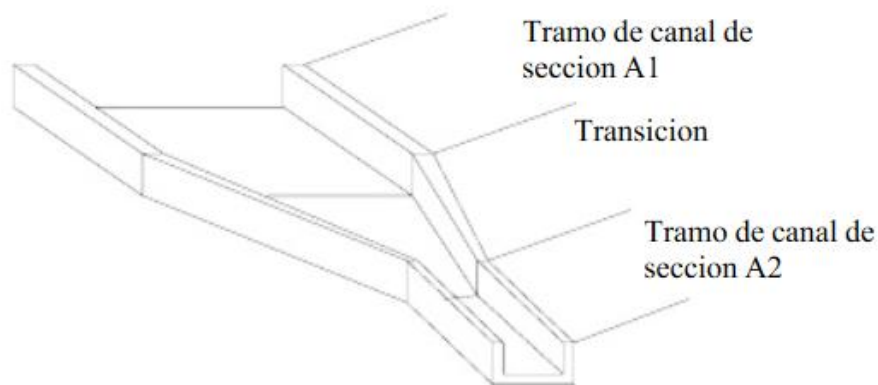
- Determinar que es una transición.
- Realizar una transición de entrada desde el túnel hacia los dos pozos de bandeja.
- Realizar una transición de salida desde los dos pozos de bandeja hacia el túnel.

6.7.5 TRANSICIÓN

La transición es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferente forma de sección transversal, pendiente o dirección. La finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo así las

pérdidas de carga en el canal. Las transiciones se diseñan tanto a la entrada como a la salida de diferentes estructuras.

GRÁFICO N°.- 37 TRANSICIÓN DE UN CANAL



6.7.5.1 TRANSICIÓN RECTA DISEÑO SIMPLIFICADO DE TRANSICIONES.

Para el diseño de una transición recta, se debe definir la longitud de la transición de modo que las pérdidas en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles. En la hidráulica y en el diseño de estructuras hidráulicas, las fórmulas que representan los diseños se obtienen de forma experimental, es por eso que se tendrá confianza en las formulas siguientes.

LONGITUD DE LA TRANSICIÓN.

La gráfica 38 y 39, se muestra un esquema en planta de una transición que une dos tramos de diferente forma de un canal, donde T1, T2 representan los espejos de agua, b1, b2 los anchos de solera y A el ángulo que forman los espejos de agua.

GRÁFICO N°.- 38 VISTA EN PLANTA DE UNA TRANSICIÓN

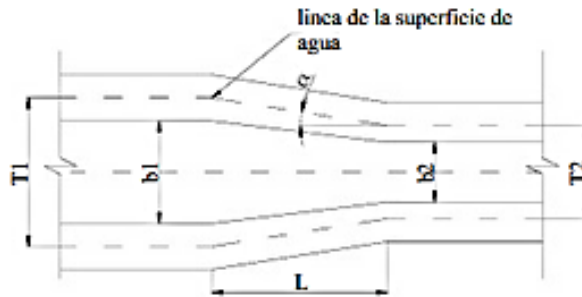


GRÁFICO N°.- 39 DIFERENCIA DE ALTURAS ENTRE ESPEJOS DE AGUA



De la gráfica 35 diferencia de alturas entre espejos de agua se puede observar en el triángulo la tangente puede expresarse como:

$$\text{Tg } \alpha = \frac{t_1 - t_2}{l}$$

Despejando se tiene

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \text{Tang } \alpha}$$

Dónde:

\$L\$= longitud de la transición, m.

\$T_1, T_2\$= espejos de agua, m.

\$\alpha\$= ángulo que forman los espejos de agua.

De la fórmula anterior se observa que si α crece, entonces $\text{tg } \alpha$ crece y L decrece, según experiencias de Julian Hinds, y según el Bureau of Reclamation, se encontró que para $\alpha = 12^\circ 30'$, se consiguen pérdidas de carga mínimas en transición. Y que el ángulo α , puede ser aumentado hasta $22^\circ 30'$ sin que el cambio de la transición sea brusco, por lo que se obtiene la ecuación siguiente en se aplica en forma práctica para determinar la longitud de la transición recta.

La transición aguas arriba y abajo del acueducto debe producir en cambio gradual de la velocidad del agua en el canal mismo, hacia el tramo elevado, cambiando también la sección. En cuanto más alta sea la velocidad del agua en el canal, más importante sería disponer de una buena transición.

Es aconsejable intercalar entre los dos una transición, es decir una estructura en la cual este cambio de sección se hace en forma gradual a fin de conseguir que la pérdida de carga se mínima.

De acuerdo al Bureau of Reclamation se recomienda que el ángulo máximo entre el eje del canal y una línea que une los lados de la transición a la entrada y a la salida no exceda 12.5° : Esto permite determinar la longitud de la transición.

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 * \text{tag } 12.50}$$

Dónde:

b_1 y b_2 = anchos mayor y menor respectivamente.

Para disminuir las pérdidas conviene no dejar cambios de dirección bruscos y por esto se procura redondear las esquinas. Todavía mejor es hacer una transición en curva compuesta de arcos de círculo tangentes a la entrada y a la salida a las alineaciones del canal. Este reduce considerablemente las pérdidas aunque también encarece la construcción.

Las pérdidas de energía que se producen en una transición se deben a la fricción y al cambio de velocidad.

La primera es pequeña y puede ser despreciada en cálculos preliminares.

La segunda en la superficie de agua está dada por las fórmulas:

$$Z = (1 + C) * h$$

Siendo

$$h = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$$

y el coeficiente C_1 dado por la tabla siguiente:

TABLA N° 25 COEFICIENTE “C” DE TRANSICIÓN

TIPO DE TRANSICIÓN	C₁
En curva	0.10
Con cuadrante de círculo	0.15
Recta	0.30

(Krochin)

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El tramo comprendido entre el pozo 4 abscisa 2+163,07 hacia el pozo 3 abscisa 2+456,07 tiene una longitud de 167,60 m mismo que para la ejecución de la transición se conservará la pendiente del tramo pozo 5 hacia pozo 4 que es del 4° es decir de 6,15%.

Tomando en consideración la longitud de 167,60 m, que es del tramo de máxima pendiente, se procede a calcular la transición.

En el libro de Sviatoslav Krochin, define que la transición se debe encontrar a 12.5° a cada lado esto deduce que se posee un ducto de alcantarillado tipo túnel,

que consta de ancho 2.60 m, el cuál debe ser diseñado para alcanzar a los dos pozos de bandeja de dimensión total de 11.30 m.

Paso 1. Se opta por registrar la altura que tiene el conducto del tramo anterior a la transición desde el pozo 5 hacia el pozo 4, siendo este un canal tipo baúl con una altura de 2,60 m.

Paso 2. Seleccionado la altura del canal se realiza una línea que inicia en el centro de la altura del canal, esta es desde 1.30 m, se procede a realizarla con un ángulo de 12.5° , misma que debe llegar hasta el centro de los dos pozos de bandeja diseñados.

Paso 3. Se realiza un gráfico del ancho del pozo de bandeja esto quiere decir al centro de cada pozo que es de 6.65 m, llega a formar una estructura de 11.30 m x 11.30 m, misma debe intersectar con las líneas de 12.5° formando así un cono.

GRÁFICO N°.- 40 TRANSICIÓN DE ENTRADA

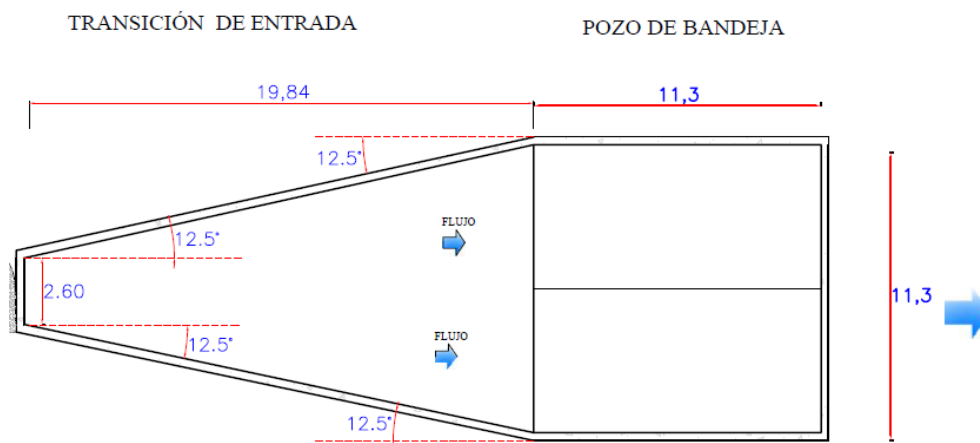
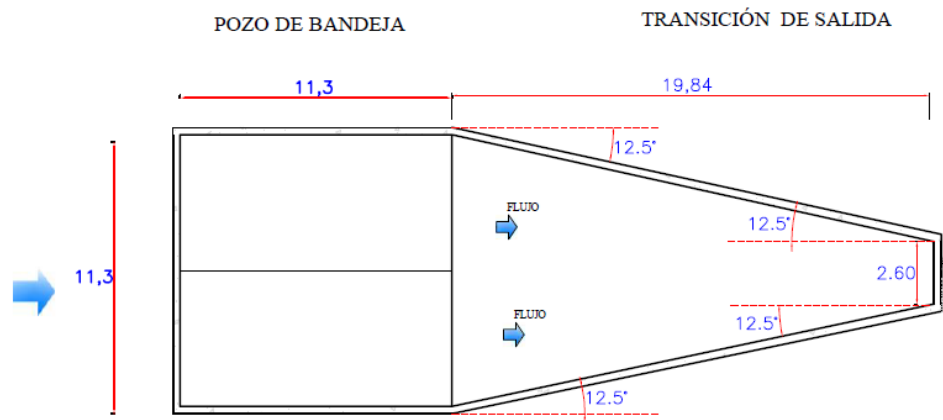


GRÁFICO N°.- 41 TRANSICIÓN DE SALIDA



Para el proyecto se obtiene una transición con una longitud de 19.84 m, hasta llegar al pozo de bandeja que tiene una longitud de 11.30 m, llegando a una longitud de 31.14 m.

Tomando en consideración las dimensiones calculadas para el pozo de bandeja se

6.7.6 CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

A través del análisis realizado, previamente se ha cumplido con el objetivo general de la propuesta de esta investigación, que es el análisis mediante el software de libre acceso EPA- SWMM, de las modificaciones al colector tipo túnel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Utilizando el EPA- SWMM, se puede con versatilidad identificar rápidamente los problemas hidráulicos que se pueden tener en este tipo de proyectos.

- Se pudo determinar los parámetros hidráulicos como velocidad y pendientes críticas que alteran el flujo.
- Se propone una solución al problema más crítico que es el salvar el salto de agua entre el pozo 4 hacia el pozo 3 mediante el uso de un modelo de cálculo sustentado en la modelación física de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Diccionario de la lengua española*. (13 de 11 de 2014). Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=modificar>
- INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA* . (11 de 11 de 2014). Obtenido de http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/itc_definitiva_tcm7-29159.pdf
- ACSAM, C. (2010). *Estudios de factibilidad y diseños definitivos del colector Víctor Hugo y de la mejor*. Cuenca.
- ATISAE. (01 de Diciembre de 2014). *Atisae Protección de vidas*. Obtenido de Estudios Estructurales: <http://www.atisae.com/servicios/estudios-estructurales>
- Banco del Estado. (17 de Septiembre de 2014). *AVANZAN TRABAJOS EN COLECTOR VÍCTOR HUGO*. Obtenido de <http://www.bancoestado.com/index.php/noticias/360-avanzan-trabajos-en-colector-victor-hugo?tmpl=component&print=1&layout=default&page=>
- CETESB, D. . (1979). Manual de Proyecto de Drenagem Urbana. En C. DAFE, *Manual de Drenaje Urbano* (pág. 145).
- Chanson, H. (2008). *Hydraulics of Roman Aqueducts*. American Journal of Archeology.
- Chow, V. (1994.). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santafé, Bogotá, Colombia.: McGraw-Hill Interamericana.
- Constitución de la República del Ecuador Título II Derechos. (2008). *Título II, Capítulo segundo, Derechos del buen vivir*. Ecuador: Asamblea Constituyente.
- Constitución de la República del Ecuador Título V Régimen de Competencias. (2008). *Título V, Cpítulo cuatro, Régimen de Competencias*. Ecuador: Asamblea Constitucional.
- Constitución de la República del Ecuador Título VII Biodiversidad y recursos naturales. (2008). *Título VII, Capítulo segundo, Biodiversidad y recursos naturlaes* . Ecuador : Asamble Constitucional .
- CONSULTORES, A. (11 de DICIEMBRE de 2011). *DISEÑOS DEFINITIVOS DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO. DISEÑOS DEFINITIVOS DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO*. CUENCA, AZUAY, ECUADOR.
- Ecuador, P. I. (17 de Septiembre de 2014). *TRES COLECTORES BENEFICIARÁN A 100000 HABITANTES EN QUITO*. Obtenido de http://www.ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818749158&umt=tres_colectores_beneficiaran_a_100_000_habitantes_en_quito

- El Comercio. (17 de Septiembre de 2014). *UN TUNEL PARA IMPEDIR LAS INUNDACIONES EN EL NORTE*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito/tunel-impedir-inundaciones-norte.html>.
- El Telégrafo. (17 de Septiembre de 2014). *ARRANCÓ LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR VÍCTOR HUGO*. Obtenido de www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-centro/item/arranco-la-construccion-del-colector-victor-hugo.html
- EPMAPS. (2009). *Estudio del Plan MAestro de Quito*. Quito.
- Gad Municipal de Santo Domingo. (17 de Septiembre de 2014). Obtenido de GAD MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO CONSTRUYE ALCANTARILLA TIPO TUNEL EN EL CENTRO DE LA CIUDAD: <http://www.santodomingo.gob.ec/index.php/el-cabildo/dependencias/9-noticias/43-municipio-construye-alcantarilla-tipo-tunel-en-el-centro-de-la-ciudad>
- Hager, V. y. (1995). Geometría a flujo subcrítico y Geometría a flujo supercrítico.
- INEC. (12 de 08 de 2010). Datos de población de los últimos censos (hasta el 2010). *Inecensos*. Cuenca.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (04 de Noviembre de 2014). Recuperado el 2014, de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/cpe/CPE%205%20P9-1.pdf>
- Interagua. (s.f.). NORMAS Y CRITERIOS PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL. En *VOLUMEN 3 NORMAS Y DISEÑOS DE REDES DE ALCANTARILLADO*.
- Krochin, S. (s.f.). *Diseño Hidráulico*.
- Lopez, R. (2010). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. 2da Edición.
- Lorena, L. (23 de 07 de 2012). *Sistemas de alcantarillado sanitario*. Recuperado el 02 de 12 de 2014, de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/100818764/DISENO-DE-ALCANTARILLADO-SANITARIO>
- Mansonyi. (s.f.). Water Power Development, . En Mansonyi, *Water Power Development*, (pág. 282).
- Maps, G. (16 de 12 de 2014). *Google*. Recuperado el 16 de 12 de 2014, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Parroquia+Huachi+Chico,+Ambato/@-1.2762235,-78.6459545,14z/data=!4m2!3m1!1s0x91d38222aa253cd5:0x9ee4e7f68bff6c35?hl=es>
- Maps, G. (16 de 12 de 2014). *Google*. Recuperado el 16 de 12 de 2014, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Parroquia+Celiano+Monge,+Ambato/>

@-1.2737673,-
78.6255454,14z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x91d38225c3cc3533:0x18bd0df9
be8238a3?hl=es

Mayorga, I. I. (2013). *Justificativo técnico y económico de cambio en la construcción del colector Víctor Hugo*. Ambato.

Mora, A. X. (2013). *Las aguas negras y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del barrio Juan Montalvo, sector de los trabajadores municipales del cantón Puyo, provincia de Pastaza*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Moya, D. (2010). *Alcantarillado Sanitario*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Naranjo, G., Herrera, L., & Medina, A. (2004). *Tutoría de la investigación científica*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Noticias Quito. (17 de Septiembre de 2014). *COLECTOR ANTIGUO DE LA FLORIDA PRODUJO HUNDIMIENTOS*. Obtenido de http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/colector_antiguo_de_la_florida_produjo_hundimientos--2836

Paguay, M. I. (17 de Septiembre de 2011). *Las aguas residuales y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de la lotización del Colegio de Ingenieros Civiles del sector Huamurco del cantón Tena, provincia de Napo*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Patricia Haro, F. J. (2006). *Manual Básico de estructuras de cambio de nivel y cambio de dirección con flujo a gravedad*. Quito.

Posey, S. W. (s.f.). *"Hydraulics of steady flow in open channels"*.

RAS, N. (2000). Normas RAS. En N. R. 2000.

Reyes, D. S. (2013). *Validación de los métodos aproximados comúnmente utilizados en análisis estructural*. Bogotá: Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

RM Constructores. (2013). *Túnel Víctor Hugo Memoria de Cálculo*. Quito.

Santamaría, V. (2015). Ecuador.

Zúñiga, S. (2012). *Las aguas servidas y su incidencia en la calidad de vida de los moradores del barrio La Delicia, cantón Patate, provincia Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

ANEXOS

FOTOS

Para la construcción del colector tipo túnel se realizaron, se realizaron los siguientes pasos:

A. RECONOCIMIENTO DEL LUGAR DE ESTUDIO



Av. Víctor Hugo y Tres Carabelas

B. IDENTIFICACIÓN DE CASETAS PARA POZOS DE AVANCE



Ubicadas en el proyecto un total de diez.

C. TIPO DE POZO DE ACCESO A TÚNEL



Tipo de pozo de visita.

D. EXCAVACIÓN TIPO BAÚL



La excavación se ejecutó con personal calificado.

E. COLOCACIÓN DE CERCHAS Y ENTIBADO



La colocación de cerchas y entibado de madera a lo largo del proyecto se realiza a una distancia promedio de 0.80 m, posteriormente se procede a colocar una capa de 10 cm de hormigón siendo este para replantillo.

F. ARMADURA DE ACERO



El proceso de armado del acero se realiza para solera, paredes y cúpula siguiendo la pendiente establecida dentro de los planos.

G. HORMIGONADO DE TÚNEL



El túnel se hormigonó mediante bombeo iniciando por la solera, paredes y finalizando por la cúpula.

H. TÚNEL TERMINADO



Túnel ejecutado todos los trabajos desde el pozo 3 hacia la cámara de salida

