



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

MODELIZACIÓN HIDRÁULICA PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO
POR INUNDACIÓN. CASO DE ESTUDIO: CANAL EL MACHO

CUENCA MOROCHO JOFFRE ADEMIR
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por
inundación. Caso de estudio: Canal El Macho

CUENCA MOROCHO JOFFRE ADEMIR
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN
PROYECTO TÉCNICO

Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación. Caso de estudio:
Canal El Macho

CUENCA MOROCHO JOFFRE ADEMIR
INGENIERO CIVIL

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

MACHALA, 16 DE SEPTIEMBRE DE 2019


MACHALA
2019

Nota de aceptación:


Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación. Caso de estudio: Canal El Macho, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO
0702589961
TUTOR - ESPECIALISTA 1



ESPINOZA CORREA JESUS ENRIQUE
0703391557
ESPECIALISTA 2



MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA
0703642850
ESPECIALISTA 3

Machala, 16 de septiembre de 2019

TRABAJO DE TITULACION

por Joffre Cuenca Morocho

Fecha de entrega: 11-sep-2019 10:19a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1170836304

Nombre del archivo: (13.41M)

Total de palabras: 38426

Total de caracteres: 174358

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CUENCA MOROCHO JOFFRE ADEMIR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación. Caso de estudio: Canal El Macho, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 16 de septiembre de 2019



CUENCA MOROCHO JOFFRE ADEMIR
0704168160

TRABAJO DE TITULACION

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

img.static.reliefweb.int

Fuente de Internet

<1%

2

minihidro2010.blogspot.com

Fuente de Internet

<1%

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

4

www.aguaysig.com

Fuente de Internet

<1%

5

repository.lasalle.edu.co

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 40 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia: a mi madre que ha demostrado su amor incondicional, primero a su Creador y luego a su familia, cuyo legado no es mi formación profesional sino ese sentimiento tan puro que puedo transmitir hacia mi hija; a mi padre que me ha enseñado el trabajo honesto y la determinación; a mis hermanos que sin lugar a dudas son mis amigos, a mis sobrinos y a mi hija que es mi motor y mi combustible.

Joffre Ademir Cuenca Morocho

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Ing. Carlos Sánchez, su profesionalismo y dedicación ha sido fundamental, no solo en desarrollo de este proyecto sino de mi carrera universitaria.

A Christian y Andrea, hemos compartido varios momentos juntos, son los compañeros que todo estudiante quisiera tener y se han ganado con honores el título de la amistad. Me alegra saber que serán unos grandes profesionales.

A los Ingenieros Eduardo e Yvon, gracias por el apoyo desinteresado en los diferentes proyectos que se me han presentado.

A mis familiares por sus palabras de ánimo, sus consejos y por esos momentos que recordamos juntos.

A todas las personas que colaboraron de forma activa y pasiva en la realización de este proyecto.

Joffre Ademir Cuenca Morocho

Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación. Caso de estudio: Canal El Macho.

Autor: Joffre Ademir Cuenca Morocho

Tutor: Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta

Resumen

La ciudad de Machala ha sido afectada en varias ocasiones por inundaciones causadas por eventos extremos de precipitación adjudicados al calentamiento global y al fenómeno de “El Niño”. La presente investigación, ha combinado la revisión de los sucesos históricos, el uso de sistemas de información geográfica, el resultado de aforos realizados al canal “El Macho” y los estudios de topografía de las principales calles de la ciudad entre los meses de junio y agosto de este año; para diseñar una estructura capaz de mitigar los riesgos por inundación a causa del desbordamiento de las aguas del cuerpo hídrico.

El proceso metodológico se basó en tres etapas, cuya esencia es la búsqueda, procesamiento y desarrollo de los resultados. En una primera instancia se ha indagado sobre los planes de gestión contra las inundaciones en la ciudad de Machala, acudiendo a organismos públicos y privados, de esta manera se ha fijado un punto de partida para el desarrollo de las investigaciones. Las afectaciones físicas constatadas mediante la revisión histórica revelaron que las inundaciones amenazan principalmente a los habitantes situados en las márgenes del cauce que por razones económicas o sociales han llegado a ellas. Es por ello que se requiere una serie de estudios de carácter técnico, científico, económico y social, que permitan prever situaciones que, en casos desfavorables, provoquen desastres con consecuencias negativas a la población. Parte de los estudios técnicos lo conforman el análisis de los procesos hidrológicos y de las características morfológicas de la cuenca urbana; las características hidráulicas del canal y el conocimiento de la influencia de la marea en las inundaciones; desarrollados en el

transcurso de esta investigación como parte fundamental en el cumplimiento de los objetivos.

El resultado de las investigaciones ha mostrado que, en época de estiaje, los niveles de agua en el océano no tienen influencia sobre el canal e indica que parte del sistema de alcantarillado, que descarga sus aguas directamente al canal, y una parte de las aguas de riego de las plantaciones aledañas, aportan al flujo aproximadamente tres metros cúbicos de agua; los niveles más altos se registran en horas en las que habitualmente la población consume sus alimentos, siendo estas, los periodos comprendidos entre las 06:00-08:00; 11:00-13:00 y las 17:00-19:00 horas. La batimetría y las mediciones de la geometría de la sección transversal, realizadas en siete puentes en la zona urbana muestran que en las estructuras ubicadas bajo la calle Diez de Agosto y en la Lotización Leonor Aguilar existe un estrechamiento del cauce, lo que provoca un estancamiento aguas arriba, favoreciendo el crecimiento de vegetación. Los caudales hidrológicos de diseño se han obtenido mediante el uso de la fórmula racional en base a la capacidad de escurrimiento del suelo, intensidad de precipitaciones y área de la cuenca. Se sabe, que una correcta gestión del riesgo por inundación incluye medidas estructurales y no estructurales, sin embargo, la naturaleza del proyecto es la de considerar medidas basadas en aspectos técnicos de ingeniería. El modelo propuesto es una estructura de hormigón armado, de sección transversal compuesta capaz de conducir un gasto aproximado de 21 metros cúbicos por segundo a una velocidad de 2 metros por segundo, considerada por su eficiencia hidráulica y características de construcción.

Palabras clave: canal hídrico, cuenca urbana, inundación, mitigación, modelación hidráulica.

Hydraulic modelling for flood risk mitigation: Case study of El Macho canal.

Author: Joffre Ademir Cuenca Morocho

Tutor: Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta

Summary

The city of Machala has been affected several times by floods caused by extreme precipitation events attributed to global warming and the phenomenon of "El Niño". The present investigation has combined the review of historical events, the use of geographic information systems, the result of gaining the "El Macho" channel and the topography studies of the main streets of the city between the months of June and August of this year; to design a structure capable of mitigating flood risks due to the overflow of water from the water body.

The methodological process was based on three stages, whose essence is the search, processing and development of the results. In the first instance, it has inquired about the flood management plans in the city of Machala, going to public and private organizations, in this way a starting point has been set for the development of the investigations. The physical affectations verified through the historical review revealed that the floods mainly threaten the inhabitants located on the banks of the channel that have reached them for economic or social reasons. That is why a series of studies of a technical, scientific, economic and social nature are required, which allow to anticipate situations that, in unfavorable cases, cause disasters with negative consequences to the population. Part of the technical studies are made up of the analysis of hydrological processes and morphological characteristics of the urban basin; the hydraulic characteristics of the canal and the knowledge of the influence of the tide on floods; developed in the course of this investigation as a fundamental part in the fulfillment of the objectives.

The result of the investigations has shown that, during the dry season, water levels in the ocean have no influence on the canal and indicates that part of the sewer system, which discharges its waters directly to the canal, and a part of the waters of irrigation of the surrounding plantations, they contribute to the flow approximately three cubic meters of water; the highest levels are recorded in hours in which the population usually consumes their food, these being the periods between 06: 00-08: 00; 11: 00-13: 00 and 17: 00-19: 00 hours. The bathymetry and measurements of the cross-section geometry, carried out on seven bridges in the urban area show that in the structures located under Calle Diez de Agosto and in the Leonor Aguilar Lotization there is a narrowing of the channel, which causes a stagnation upstream, favoring the growth of vegetation. Design hydrological flows have been obtained through the use of the rational formula based on the runoff capacity of the soil, rainfall intensity and area of the basin. It is known that proper flood risk management includes structural and non-structural measures, however, the nature of the project is to consider measures based on technical engineering aspects. The proposed model is a reinforced concrete structure, with a composite cross section capable of driving an approximate expense of 21 cubic meters per second at a speed of 2 meters per second, considered for its hydraulic efficiency and construction characteristics.

Key words: water channel, urban basin, flood, mitigation, hydraulic modeling.

CONTENIDO

	pág.
Resumen.....	IV
Summary.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
1 CAPÍTULO I.....	3
1.1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1 <i>Macro</i>	4
1.1.2 <i>Meso</i>	5
1.1.3 <i>Micro</i>	5
1.1.3.1 <i>Inundaciones en la ciudad de Machala</i>	6
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN.....	10
1.2.1 <i>Descripción de la zona</i>	10
1.2.1.1 <i>Ubicación geográfica</i>	10
1.2.1.2 <i>Caracterización del suelo</i>	11
1.2.1.3 <i>Zonas sísmicas y deslizamientos de masas</i>	11
1.2.1.4 <i>Caracterización del relieve</i>	13
1.2.1.5 <i>Taxonomía del suelo</i>	13
1.2.1.6 <i>Conflictos del uso del suelo</i>	14
1.2.1.7 <i>Información climática</i>	14
1.2.1.8 <i>Hidrología</i>	15
1.2.1.9 <i>Descripción socio-económica</i>	15
1.2.2 <i>Situación actual</i>	16
1.2.2.1 <i>Inundaciones</i>	16
1.2.2.2 <i>Estero-canal El Macho</i>	18
1.2.3 <i>Planteamiento del problema</i>	20
1.2.4 <i>Delimitación espacial</i>	20
1.2.5 <i>Delimitación temporal</i>	20
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO.....	20

1.3.1	Objetivo general.....	20
1.3.2	Objetivos específicos.....	20
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	21
2	CAPÍTULO II.....	22
2.1	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO EPISTEMOLÓGICA.....	22
2.1.1	Canales hidráulicos.....	22
2.1.1.1	Elementos geométricos de un canal hidráulico.....	23
2.1.1.2	Tipo, estado y régimen del flujo en canales hidráulicos.....	26
2.1.1.3	Socavación en cauces naturales.....	28
2.1.1.4	Trazado en planta de un cauce.....	28
2.1.2	Consideraciones hidráulicas del canal.....	29
2.1.2.1	Determinación del caudal.....	29
2.1.3	Consideraciones hidrológicas de la cuenca urbana.....	31
2.1.3.1	Fórmula racional para el análisis de cuencas urbanas.....	31
2.1.3.2	Coeficiente de escorrentía C	32
2.1.3.3	Intensidad máxima de precipitación.....	33
2.1.3.4	Tiempo de concentración T_c	34
2.1.3.5	Área de aportación de la cuenca hidrográfica.....	35
2.1.4	Consideraciones hidráulicas para la alternativa de solución.....	36
2.1.4.1	Caudal de diseño.....	36
2.1.4.2	Periodo de retorno.....	36
2.1.4.3	Flujo uniforme en canales.....	38
2.1.4.4	Relación entre las ecuaciones de Chezy, Manning y Continuidad.....	38
2.1.4.5	Coeficiente ponderado de rugosidad.....	39
2.1.4.6	Máxima eficiencia hidráulica.....	39
2.2	ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	41
2.2.1	Metodología.....	41
2.2.1.1	Tipo de investigación.....	41

2.2.1.2	<i>Descripción del proceso metodológico.</i>	41
2.3	PREFACTIBILIDAD	43
2.3.1	<i>MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN.</i>	43
2.4	FACTIBILIDAD.	44
2.5	IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN VIABLE PARA SU DISEÑO.	45
3	CAPÍTULO III	48
3.1	PROCESAMIENTO DE DATOS.	48
3.1.1	<i>Estudio de la cuenca urbana del canal "El Macho"</i>	48
3.1.2	<i>Determinación del caudal mediante aforos.</i>	50
3.1.2.1	<i>Línea piezométrica, incidencia de la marea en el canal El Macho.</i>	50
3.1.2.2	<i>Cálculo de la velocidad media y caudal.</i>	52
3.1.2.3	<i>Resumen de los resultados</i>	55
3.1.3	<i>Diseño hidrológico.</i>	56
3.1.3.1	<i>Tiempo de concentración.</i>	56
3.1.3.2	<i>Periodo de retorno</i>	56
3.1.3.3	<i>Coeficiente de escorrentía C</i>	56
3.1.3.4	<i>Intensidad máxima de precipitación.</i>	57
3.1.3.5	<i>Cálculo de caudales</i>	58
3.2	CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO	58
3.2.1	<i>Bases de diseño.</i>	59
3.2.1.1	<i>Velocidad permisible en terreno natural y selección del recubrimiento.</i>	59
3.2.1.2	<i>Periodo de retorno</i>	60
3.2.1.3	<i>Componentes del caudal de proyecto.</i>	60
3.2.1.4	<i>Borde libre.</i>	60
3.2.1.5	<i>Alineamiento.</i>	61
3.2.2	<i>Cálculo de la sección transversal.</i>	61
3.2.2.1	<i>Cálculo de la sección inferior</i>	61
3.2.2.2	<i>Cálculo de la sección superior.</i>	63

3.3	DISEÑO ESTRUCTURAL	66
3.3.1	<i>Datos generales de diseño:</i>	66
3.3.2	<i>Proceso de cálculo.</i>	66
3.3.2.1	<i>Diseño de losa inferior</i>	66
3.3.2.2	<i>Diseño de losa intermedia</i>	67
3.3.2.3	<i>Diseño de pared inferior.</i>	68
3.3.2.4	<i>Diseño de pared superior.</i>	69
3.4	PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	70
3.4.1	<i>Estructura del presupuesto</i>	70
3.4.2	<i>Detalle del presupuesto referencial de la obra.</i>	70
3.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
3.5.1	<i>CONCLUSIONES</i>	72
3.5.2	<i>RECOMENDACIONES</i>	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Afectaciones por la presencia de eventos peligrosos en época lluviosa.	6
Tabla 2. Coordenadas UTM de ubicación del cantón Machala.	10
Tabla 3. Régimen y estado del flujo en canales.	27
Tabla 4. Coeficientes de flotación.	31
Tabla 5. Ecuaciones para el cálculo del tiempo de concentración.	34
Tabla 6. Vida útil en años de algunas obras de drenaje.	37
Tabla 7. Valores máximos recomendados de riesgo admisible.	37
Tabla 8. Valores de periodo de retorno T (años).	37
Tabla 9. Ecuaciones para máxima eficiencia hidráulica de un canal trapezoidal.	40
Tabla 10. Ventajas y desventajas de las alternativas de solución.	46
Tabla 11: Parámetros generales de la cuenca del canal El Macho.	49
Tabla 12. Resumen de resultados de los aforos.	55
Tabla 13. Coeficientes de esorrentía para ser usados en el método racional.	56
Tabla 14. Resultados del coeficiente ponderado de ecorrentía.	57
Tabla 15. Ecuaciones IDF Estación M0072 Machala Aeropuerto.	58
Tabla 16. Intensidades máximas de precipitación en el canal El Macho.	58
Tabla 17. Resumen del cálculo de caudales hidrológicos por el método racional.	58
Tabla 18. Resultados de características hidráulicas de la sección inferior del canal, según su máxima eficiencia hidráulica.	62
Tabla 19. Resultados de características hidráulicas de la sección inferior del canal, definidos base de solera y talud.	62
Tabla 20. Resultados de características hidráulicas de la sección compuesta del canal, definidos el caudal, la altura total y los taludes laterales.	65

Tabla 21. Detalle del presupuesto referencial de la obra. 70

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.	23
Ilustración 2. Relaciones hidráulicas de secciones transversales comunes.	24
Ilustración 3. Cálculo de área hidráulica del canal El Macho.	25
Ilustración 4. Tipos, estado y régimen de flujo en canales.	26
Ilustración 5. Tipos de flujo en canales.	26
Ilustración 6. Distribución de velocidades en la sección longitudinal de un canal de ancho infinito.	30
Ilustración 7. Distribución de velocidades en diferentes secciones transversales de un canal.	30
Ilustración 8. Curvas IDF Estación M0072 Machala Aeropuerto.	33
Ilustración 9. Líneas de energía para flujo uniforme en canales.	38
Ilustración 10. Descripción del proceso metodológico.	41
Ilustración 11. Líneas de pendiente. Canal El Macho.	49
Ilustración 12. Línea piezométrica del canal El Macho en bajamar.	51
Ilustración 13. Línea piezométrica del canal El Macho en pleamar.	51
Ilustración 14. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: El Aguador.	53
Ilustración 15. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: 10 de Agosto.	53
Ilustración 16. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: Isla Santa Ana.	53
Ilustración 17: Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: El Aguador.	54
Ilustración 18. Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: 10 de Agosto.	54
Ilustración 19. Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: Isla Santa Ana.	54

Ilustración 20. Sección transversal "El Macho" en HEC-RAS	59
Ilustración 21. Sección inferior tipo.	63
Ilustración 22. Sección transversal compuesta tipo.....	65

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Foto 1. Inundaciones en el Colegio Kléber Franco Cruz.....	7
Foto 2. Inundación en calle Juan Montalvo.....	8
Foto 3. Machala inundada luego de torrencial aguacero.....	8
Foto 4. Inundaciones en el centro de Machala.....	9
Foto 5. Policía Nacional colabora en emergencias a causa del invierno.....	10
Foto 6. El Canal El Macho hace algunos años.....	19
Foto 7. Canal El Macho en la actualidad.....	19
Foto 8. Depósito de basura en las riberas del canal "El Macho".....	22
Foto 9. Puente sobre canal El Macho, vía a La Primavera.....	25
Foto 10. Crecimiento de vegetación en el canal "El Macho".....	50
Foto 11. BP (base point, hito) ubicado en el puente junto al Monumento "El Aguador".....	52

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Principales cuerpos hídricos en el cantón Machala.	85
Anexo 2. Delimitación espacial del proyecto.....	86
Anexo 3. Tabla de coeficientes de escorrentía.....	87
Anexo 4. Valores del coeficiente de rugosidad n.....	88
Anexo 5. Datos recogidos en los aforos.	92
Anexo 6. Cálculo de los niveles de agua.	99
Anexo 7. Cuadro de niveles de agua en función de la hora de aforo.	106
Anexo 8. Elementos de curva de alineamiento. Canal "El Macho"	107
Anexo 9. Diseño estructural del prototipo.	108
Anexo 10. Testigo fotográfico.....	109

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones o desbordes se conceptualizan como un aumento del nivel del agua por encima de las márgenes del cauce natural debido a causas naturales o antrópicas, dichos desbordes representan una amenaza constante sobre todo a los asentamientos humanos ubicados en sectores aledaños a los cuerpos de agua.

La ciudad de Machala, al estar ubicada en una llanura aluvial y cuyo relieve es prácticamente plano sumados al aumento de lluvias intensas provocadas por fenómenos climáticos, al efecto de la pleamar en los niveles de crecida de ríos y canales, a la falta de control del crecimiento urbano y a otros factores sociales, presenta sectores con riesgos de inundación elevados, entiéndase por riesgo una relación directa entre una amenaza y un componente vulnerable (población, infraestructura, servicios, actividades económicas).

El caso más desfavorable en el cantón se da en la zona urbana, donde la altura sobre el nivel del mar no sobrepasa los 6 msnm, en ella se concentra el 94% de la población. Los registros de inundación por parte de la prensa y establecimientos públicos señalan como las zonas más afectadas los barrios, urbanizaciones y ciudadelas localizadas en las márgenes del canal El Macho, al mismo que históricamente se le atribuye desastres por el desbordamiento durante la época invernal.

Con base en estos antecedentes, se hace evidente la necesidad de realizar estudios técnicos que determinen alternativas de solución a los problemas de inundación frecuentes en esta zona, canalizando las aguas de manera adecuada y contribuyendo al desarrollo de la provincia.

El presente informe se ha dividido en 3 capítulos.

CAPITULO I: Corresponde al estudio de la problemática y su entorno, se hace alusión a eventos históricos de inundaciones destacados a nivel macro, meso y micro. Incluye una descripción de la zona, que permite conocer las repercusiones económico-sociales de tales eventos y establecer los objetivos a tratar.

CAPITULO II: “No existe conocimiento científico sin que exista una actividad investigadora, una organización metodológica y una producción de conocimiento teórico” [1]. El capítulo, aborda conceptos útiles para el estudio de las causas por las cuales la ciudad de Machala se ha visto afectada a lo largo de los años por la amenaza de desborde del canal “El Macho” y las constantes inundaciones producidas principalmente en época invernal. El estudio del método, aportará a futuras

investigaciones, una pauta para concebir la idea de un plan integral que incluya medidas que favorecerán la mitigación del riesgo de inundaciones en el sector.

CAPITULO III: Contiene el resultado de las observaciones realizadas en el campo, procesamiento de los datos recogidos y las bases para la concepción de una estructura que, basada en aspectos técnicos, ayude a mitigar el riesgo de inundación por desborde del canal en la zona urbana. Finalmente se recogen los resultados de la investigación en función de los objetivos propuestos y una serie de recomendaciones a criterio del autor basadas en consideraciones técnicas.

CAPÍTULO I

1.1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.

Los eventos naturales que más pérdidas económicas, materiales y humanas provocan a nivel mundial son las inundaciones. Esto se debe a que existe una tendencia en la utilización y ocupación de las riveras fluviales desde hace milenios. Muchas de las grandes civilizaciones antiguas como: sumerios, babilonios, asirios, romanos, entre otras; se desarrollaron en la proximidad de ríos, pues los medios de transporte más eficaces hasta ese entonces eran por vía fluvial y marítima.

“Según diversos estudios (*Wenger et al.*, 1990; *Ibero et al.*, 1996; BCH, 1998; Tockner & Stanford, 2002), las riberas fluviales han sufrido una fuerte degradación, a escala internacional, en las últimas décadas, como consecuencia de diversas actividades humanas” [2] . “A esto se suma el cambio climático, provocado por factores naturales como la excentricidad de la órbita terrestre, precesión de los equinoccios, inclinación del eje terrestre; y a factores antropogénicos como la tala indiscriminada de árboles, grandes incendios forestales, aumento en la emisión de gases de efecto invernadero” [3]; que origina eventos extremos climáticos como precipitaciones severas, crecidas de ríos, oleajes, tormentas y variaciones de mareas, los mismos que constituyen incrementos en el nivel de las superficies libres de agua, lo que contribuye en gran medida a las inundaciones.

“Otros factores que influyen en la ocurrencia de inundaciones son: la capacidad de absorción de los suelos al momento de las lluvias o crecida, la insuficiente capacidad de descarga de los cursos de agua y la pendiente del terreno (zonas de estancamiento). El desborde genera la invasión de agua en sitios en los cuales usualmente no la hay y ocasiona, por lo común, daños sobre la población y los bienes que se distribuyen sobre el territorio afectado” [3].

Waghwalá y Agnihotri [4] evaluaron el plan de gestión de inundaciones en la ciudad de Surat, demostraron, mediante el análisis de eventos de inundación y el impacto del uso y la cobertura del suelo, que la urbanización aumenta la exposición a las inundaciones. La tendencia actual muestra que el desarrollo de la tierra se está realizando a través del relleno artificial de algún drenaje natural o su expansión dentro de las llanuras aluviales, estos procesos tienen un impacto perjudicial en las inundaciones, entonces es casi una necesidad proporcionar una ruta alternativa para que fluya el drenaje natural, esta acción puede complementarse con otras que disminuyan el riesgo de inundación: el uso de los arroyos existentes, el retorno al

paisaje urbano y la construcción de estanques de detención de almacenamiento para proporcionar más espacio al agua de las inundaciones.

1.1.1 Macro.

“En el mundo, las inundaciones son consideradas como el desastre natural más dañino y peligroso (Douben, 2006). Según datos de la United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization (UNESCO, 2002), de los desastres que se presentan en el orbe relacionados con el agua, 50% corresponde a inundaciones, por encima de hambrunas, sequías y epidemias” [5].

“Las inundaciones están aumentando más rápido que ningún otro desastre. De acuerdo con la Cruz Roja Internacional, durante el periodo 1919-2004, han colaborado con ayuda en más eventos de inundaciones que de cualquier otro tipo, en gran medida porque el acelerado desarrollo de las comunidades modifica los ecosistemas locales, incrementando el riesgo de inundación al que están expuestas muchas poblaciones” [6].

Datos recogidos por el “Centro de Investigación en Epidemiología de Desastres (CRED)” [7], denominados EM-DAT (International Disasters Database) muestran que las inundaciones causaron la mayoría de los desastres entre 1994 y 2013, representando el 43% de todos los eventos registrados y afectando a casi 2.500 millones de personas, además indican que las inundaciones afectaron a más personas que cualquier otro tipo de desastre, lo que representa el 55% del total de personas afectadas.

Las inundaciones también se hicieron cada vez más frecuentes, pasando de 123 por año en promedio entre 1994 y 2003 a un promedio anual de 171 en el período 2004-2013. Las inundaciones dañaron más viviendas, más escuelas y hospitales en todo el mundo, que cualquier otro tipo de desastre. En total, EM-DAT [7] registró más de 185000 instalaciones de salud y educación dañadas o destruidas en todo el mundo durante el período de 20 años.

“En 2018, en Somalia, que ya estaba sufriendo un conflicto en curso, más de 700 mil personas se vieron afectadas por las inundaciones, mientras que, en Nigeria, las inundaciones costaron 300 vidas e impactaron a casi dos millones de personas. En Japón, las fuertes lluvias provocaron las inundaciones más mortíferas desde 1982, matando a 230 personas. La inundación repentina de agosto en el estado de Kerala en la India fue, con mucho, la mayor inundación del año, con 504 muertos y dos tercios

de los residentes del estado afectados (más de 23 millones de personas). Además, las inundaciones repentinas fueron las peores que la región había experimentado desde la década de 1920 y costaron 2,85 mil millones de dólares”. [8]

1.1.2 Meso.

“El Ecuador se encuentra situado en una de las zonas de más alta complejidad tectónica del mundo, en el punto de encuentro de las placas de Nazca y Sudamérica. Es parte del denominado “cinturón de fuego del Pacífico”, con una larga serie de volcanes en su mayoría activos que provoca una permanente actividad sísmica y volcánica y determinan una elevada vulnerabilidad. Asimismo, está ubicado dentro del cinturón de bajas presiones que rodea el globo terrestre, en la zona de convergencia intertropical, un área sujeta a amenazas hidrometeorológicas como inundaciones, sequías, heladas o efectos del fenómeno El Niño” [9].

“En la zona costera de Ecuador, las inundaciones se originan principalmente por precipitaciones intensas, aunque se puede sumar el efecto de las mareas altas, agujajes e incremento de caudales en ríos o lagos aledaños (generalmente ocasionado por lluvias intensas en las zonas altas)...En los casos de ciudades como Guayaquil, Machala y Babahoyo, a estas causas se debe sumar el efecto de una la topografía plana, que ocasiona que toda actividad de desagüe sea lenta y poco eficiente” [10].

Un reporte de vulnerabilidad realizado por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [9] resume datos de los principales desastres naturales en Ecuador durante los años 1982 a 2008, donde se contabiliza un total de 762 fallecidos, desaparecidos, 1534622 afectados, carreteras destruidas, cultivos perdidos y en alguno de los casos pérdidas de hasta 2882 millones de dólares.

El “Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) en su informe No. 133” [11], indica que, se han registrado en Ecuador en la época lluviosa, en un periodo comprendido entre octubre de 2018 y mayo de 2019, un total de 25 personas fallecidas, 39480 personas afectadas, 50 heridos leves, 885 damnificados, 11109 viviendas afectadas de las cuales 150 se destruyeron y 37,67 km de vías afectadas.

1.1.3 Micro.

El Informe de Situación – Época Lluviosa No. 133 [11] de la SNGRE registra que en un total de 180 días transcurridos hubieron 1808 afectados, 67 damnificados, 471 viviendas afectadas y 3 destruidas; además 2,14 km de vías afectadas en la provincia

de El Oro; en un total de 106 eventos peligrosos causados por lluvias, de los cuales 53 eventos ocurrieron por inundaciones.

Tabla 1. Afectaciones por la presencia de eventos peligrosos en época lluviosa.

	Informe No.	Fecha desde 1/10/2018 hasta...	Días transcurridos	Personas Fallecidas	Personas afectadas	Heridos leves	Personas damnificadas	Viviendas afectadas	Viviendas destruidas	Vías afectadas (m)
Ecuador	2	3/12/2018	63	10	827	27	122	106	22	4141
	57	23/2/2019	82	4	6246	7	225	1174	53	6632.5
	60	26/2/2019	3	0	527	0	4	195	4	916
	75	13/3/2019	15	4	10320	10	105	2669	24	7038
	133	30/3/2019	17	7	21560	6	429	6965	47	18942.5
	Total Ecuador			180	25	39480	50	885	11109	150
El Oro	2	3/12/2018	63	0	9	0	0	2	1	5
	57	23/2/2019	82	0	245	0	6	57	1	851
	60	26/2/2019	3	0	79	0	0	21	0	0
	75	13/3/2019	15	0	265	0	0	67	0	305
	133	30/3/2019	17	0	1210	0	61	324	1	979
	Total El Oro			180	0	1808	0	67	471	3

Fuente: SNGRE. Elaboración: Autor

Un artículo publicado en la revista “La Granja” de la Universidad Politécnica Salesiana, muestra una relación existente entre datos de precipitaciones registrados en las estaciones del Oceanic Niño Index (ONI) y reportes de inundación de la SNGRE, indican que no solamente existe una correspondencia entre los procesos de inundación y el fenómeno de El Niño, sino también entre dichos procesos y el fenómeno de La Niña. Además, señala que “tanto los eventos locales en la región costa, como los que se encuentran río arriba en la región sierra, son capaces de afectar por procesos de inundación a la ciudad de Machala” [10].

1.1.3.1 Inundaciones en la ciudad de Machala.

El 20 de marzo de 2010, el diario La Hora redacta en su página web, que los fuertes aguaceros amenazaron con un desbordamiento del canal El Macho en el mes de febrero, obligando a evacuar a decenas de familias, el desvío hacia el antiguo cauce realizado por el Instituto Nacional de Riego evitó la tragedia, sin embargo, la lluvia anegó varias viviendas de los barrios Machala Libre y Los Vergeles, entre otros. Además, se registraron inundaciones en las calles: Guayas, Marcel Laniado, Diez de

Agosto, Kléber Franco, Nueve de Mayo; que, hasta el mediodía, continuaban llenas de agua a causa del colapso del sistema de alcantarillado. [12]

El Universo, en su versión electrónica del 2 de marzo de 2010 señala que, la última semana del mes de febrero de ese año, el 65% del cantón Machala ha resultado afectado por fuertes lluvias y que 14 barrios fueron declarados en emergencia por autoridades locales. Se señala como lugares más afectados a los barrios: Diez de Septiembre, Washington García, Sauces y Federico Páez [13].

Foto 1. Inundaciones en el Colegio Kléber Franco Cruz.



Fuente: La Hora. Lugar: Av. Las Palmeras, Machala. Fecha: 02/03/2010.

Diario La Hora, el 21 de enero de 2011, publica una galería de imágenes de sectores populares inundados en la ciudad de Machala, donde se aprecia además la lluvia intensa que azota la zona [14].

“Varias calles de la capital de El Oro amanecieron anegadas tras una intensa lluvia” publica El Universo el 30 de enero de 2016, se señala que se produjeron inundaciones en las avenidas 25 de Junio y Las Palmeras; recinto de la Feria Mundial del Banano, así como en las calles Diez de Agosto y Marcel Laniado [15].

El 26 de febrero de 2016, el diario El Comercio reporta inundaciones por fuertes lluvias asociados a la marea alta. “El Canal El Macho presenta un incremento de su caudal, ocasionando inundaciones en barrios populares de Machala, además el malecón y la calle principal de Puerto Bolívar amanecieron inundadas. Los sectores afectados fueron: Av. Circunvalación Norte, Barrio Miraflores, Calle 18 de Octubre y Puerto Bolívar” [16]. Días después, informó El Universo que “80 familias que habitaban en la

ciudadela Las Katias tuvieron que evacuar a causa del desbordamiento del canal El Macho, que incrementó su nivel y amenazaba a otros sectores de Machala” [17]. Otros sectores afectados por el desbordamiento fueron el barrio Machalilla y sectores aledaños al canal, informó El Telégrafo [18]

Foto 2. Inundación en calle Juan Montalvo.



Fuente: ECU-911. Lugar: Calle Juan Montalvo, Machala. Fecha: 30/01/2016.

Foto 3. Machala inundada luego de torrencial aguacero.



Fuente: Diario El Comercio. Lugar: Machala. Fecha: 26/02/2016.

El 11 de enero de 2017, la página web Ecuavisa.com en su apartado de noticias informa que las fuertes precipitaciones inundaron varios sectores de Machala e indica

que en algunas localidades el agua alcanzó 60 cm. de altura aproximadamente y que afectó negocios y viviendas [19].

El Telégrafo, a través de su publicación “Fuerte lluvia con tormenta eléctrica inundó varios sectores de Machala” del 22 de marzo de 2017, reportó inundaciones en los barrios Rayito de Luz, Amazonas y calles céntricas de la ciudad como Marcel Laniado, Arizaga, Palmeras, Colón, Tarqui y Diez de Agosto. [20]

Foto 4. Inundaciones en el centro de Machala.



Fuente: El Telégrafo. Lugar: Machala. Fecha:22/03/2017.

El diario digital Machala Móvil, el 7 de enero de 2019, publica que a causa de la temporada invernal se ha venido sufriendo pérdidas económicas, problemas de movilidad, enfermedades e incluso unidades educativas se han visto afectadas. [21]

Días después, el 09 de enero, Linda Reyes publica en el diario El Correo que, en Machala, los planteles educativos: Ramos de Olivo, Martha Bucaram de Roldós, Juan Montalvo, 24 de Junio y Kléber Franco, suspendieron sus actividades debido a las primeras lluvias de la etapa invernal. [22]

Se evidencia además, en “diferentes sitios web del Estado” [23] [24] [25], que las inundaciones son un problema latente que afectan a varias familias cada año, que generan pérdidas económicas, daños materiales y problemas de salud a la población machaleña.

Foto 5. Policía Nacional colabora en emergencias a causa del invierno.



Fuente: Ministerio del Interior.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN.

1.2.1 Descripción de la zona.

1.2.1.1 Ubicación geográfica.

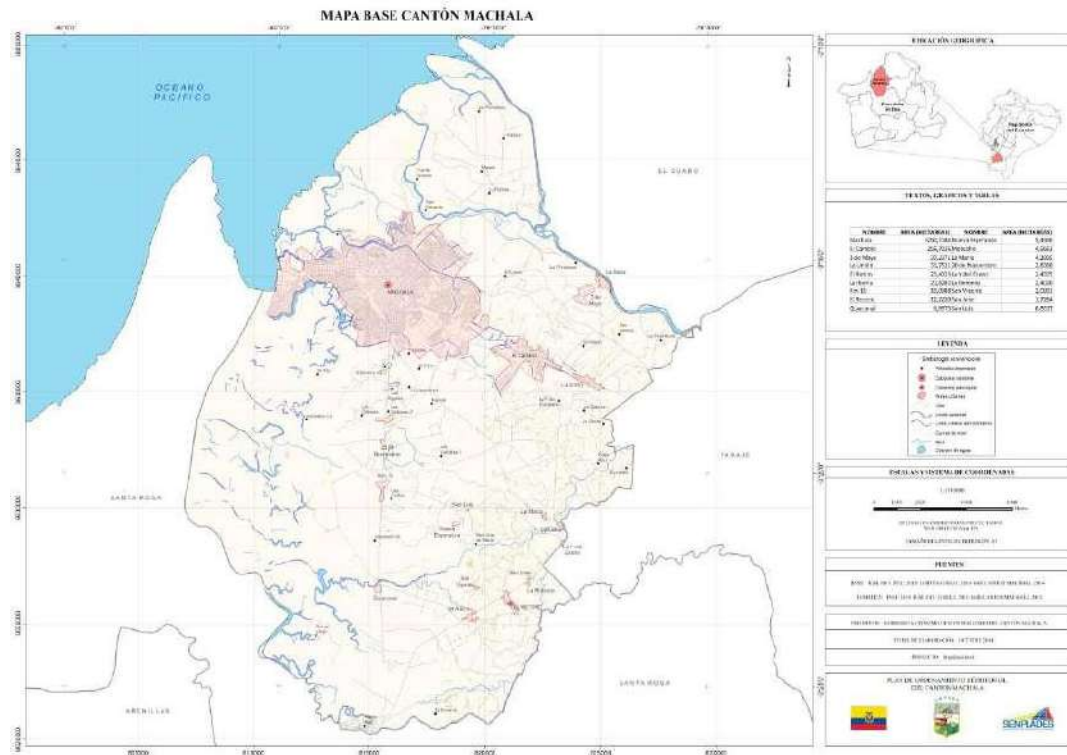
“El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Actualización 2018, fue creado el 24 junio de 1824, cuenta con una población al 2014 de 252739 habitantes y una extensión de 37275 hectáreas. Sus límites geográficos son: al Norte con el Océano Pacífico y con el cantón El Guabo, al Sur con el cantón Santa Rosa, al Este con los cantones Pasaje y Santa Rosa; y, al Oeste con el Archipiélago de Jambelí (cantón Santa Rosa) y cuenta con elevaciones entre 47 y 0 m. sobre el nivel del mar” [26].

Tabla 2. Coordenadas UTM de ubicación del cantón Machala.

Cuadrante	Longitud (E)	Latitud (S)
1	607580	9647406
2	629830	9647406
3	607580	9620508
4	629830	9620508

Fuente: PDOT Machala 2018

Mapa 1. Ubicación geográfica del cantón Machala.



Fuente: PDOT Machala 2018

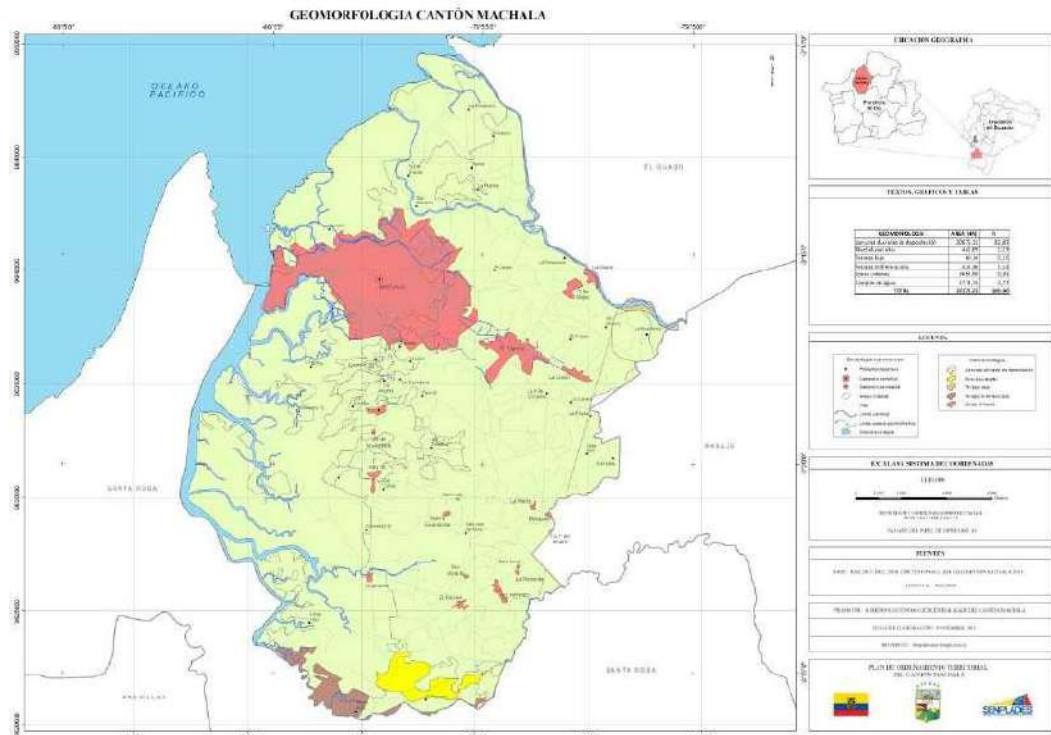
1.2.1.2 Caracterización del suelo.

“Dominan las llanuras aluviales de depositación ocupando un 82.83% de la superficie, enriqueciendo al suelo de nutrientes y haciéndolos aptos para la agricultura, 9.91% lo ocupan las zonas urbanas, 4.77% los cuerpos de agua y el resto del territorio se encuentra dividido entre niveles aluviales altos, terrazas bajas y terrazas indiferenciadas (Mapa 2)”. [26]

1.2.1.3 Zonas sísmicas y deslizamientos de masas.

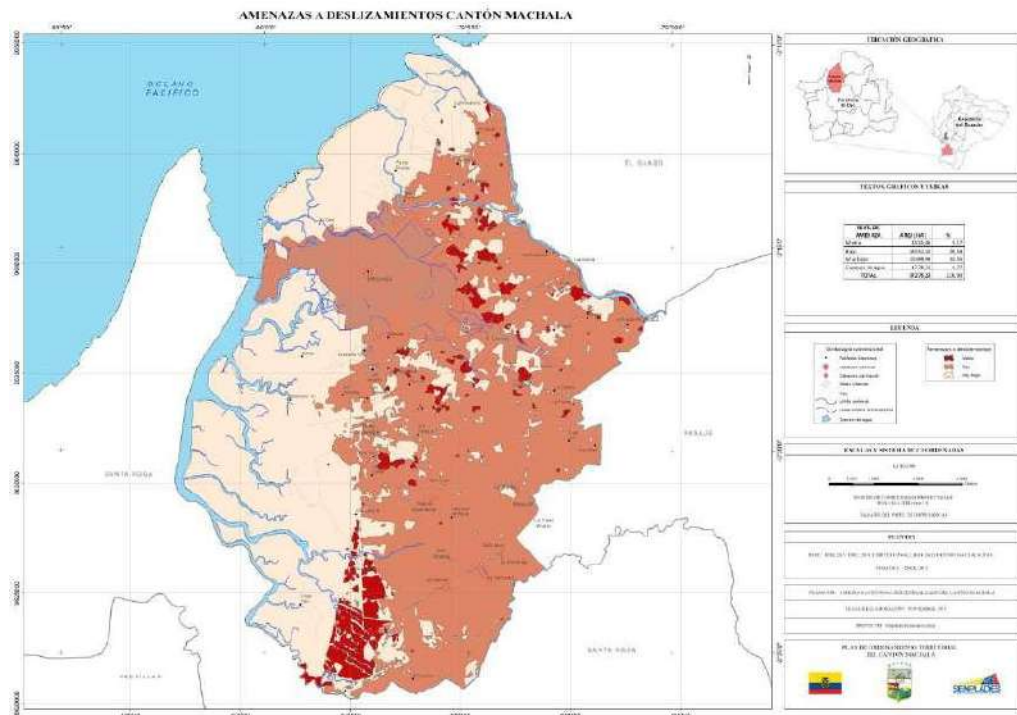
“Aunque el territorio machaleño se encuentra ubicado en una zona de alta actividad sísmica, el 49.50% del territorio cuenta con susceptibilidad baja a nula relacionada a los movimientos de masa, 41.55% con susceptibilidad muy baja y un 4.17% presentan susceptibilidad media (Mapa 3)” [26].

Mapa 2. Geomorfología del cantón Machala.



Fuente: PDOT Machala 2018

Mapa 3. Amenazas a deslizamientos en el cantón Machala.

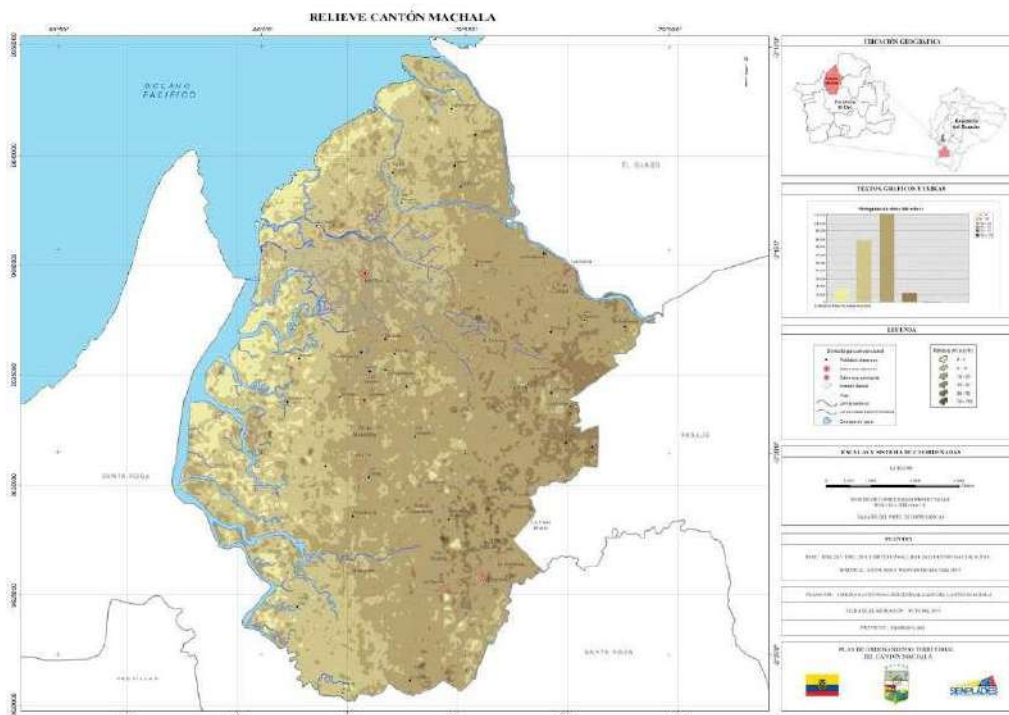


Fuente: PDOT Machala 2018

1.2.1.4 Caracterización del relieve.

“El 94.17% del territorio machaleño se ubica entre los 0 a 20 msnm., la parte más alta se ubica en La Unión. La pendiente promedio en el cantón no sobrepasa el 5%, lo que reduce los problemas relacionados con erosión por escorrentía salvo cuando exista un manejo inadecuado del suelo; y aunque el uso de éste a cambiado en gran parte por la presencia de camaroneras y la reducción de los manglares, el desarrollo territorial no se ha visto afectado (Mapa 4)” [26].

Mapa 4. Relieve del cantón Machala.

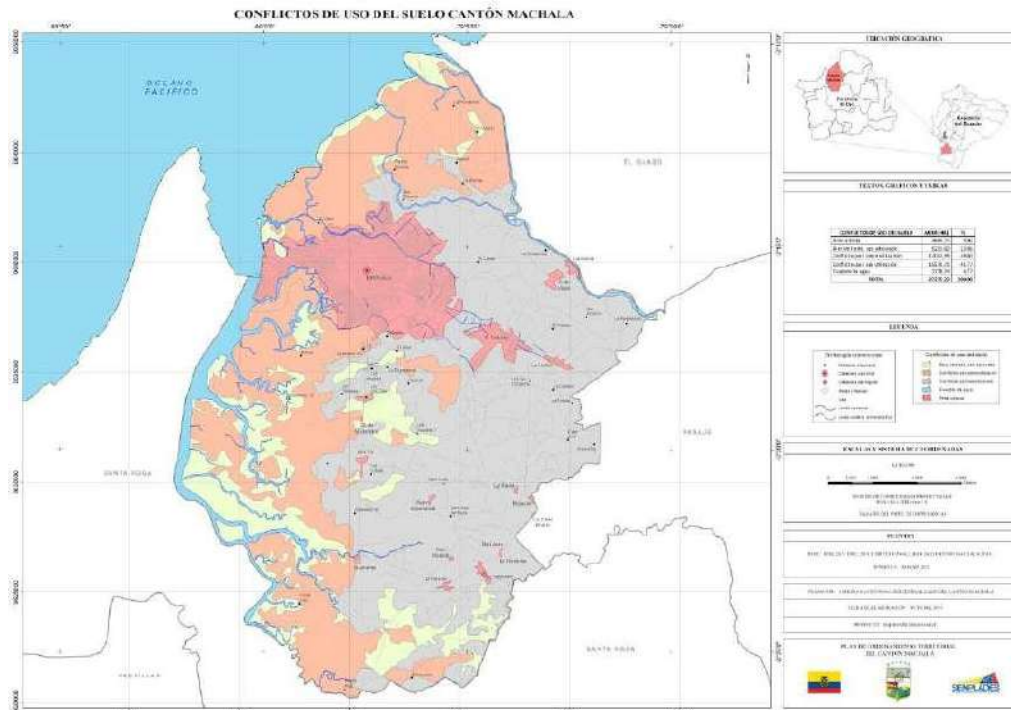


Fuente: PDOT Machala 2018.

1.2.1.5 Taxonomía del suelo.

“El Ministerio de Agricultura y Ganadería, ha clasificado el suelo de Machala en tres grupos diferenciados por sus cualidades, un 46.20% del territorio machaleño lo ocupan los entisoles y un 14.64% lo ocupan los inceptisoles; el 34.39% restante es suelo “no aplicable”, dividido entre zonas urbanas, piscinas camaroneras y cuerpos de agua (Mapa 5). La mayor parte del suelo machaleño es apta para uso agrícola, especialmente en la zona oriental. Los cultivos predominantes son: banano, cacao, arroz y frutales. La textura dominante es media (suelos limo-arcillosos) cuyas características son idóneas para los cultivos” [26].

Mapa 6. Conflictos de uso del suelo.



Fuente: PDOT Machala 2018

1.2.1.8 Hidrología.

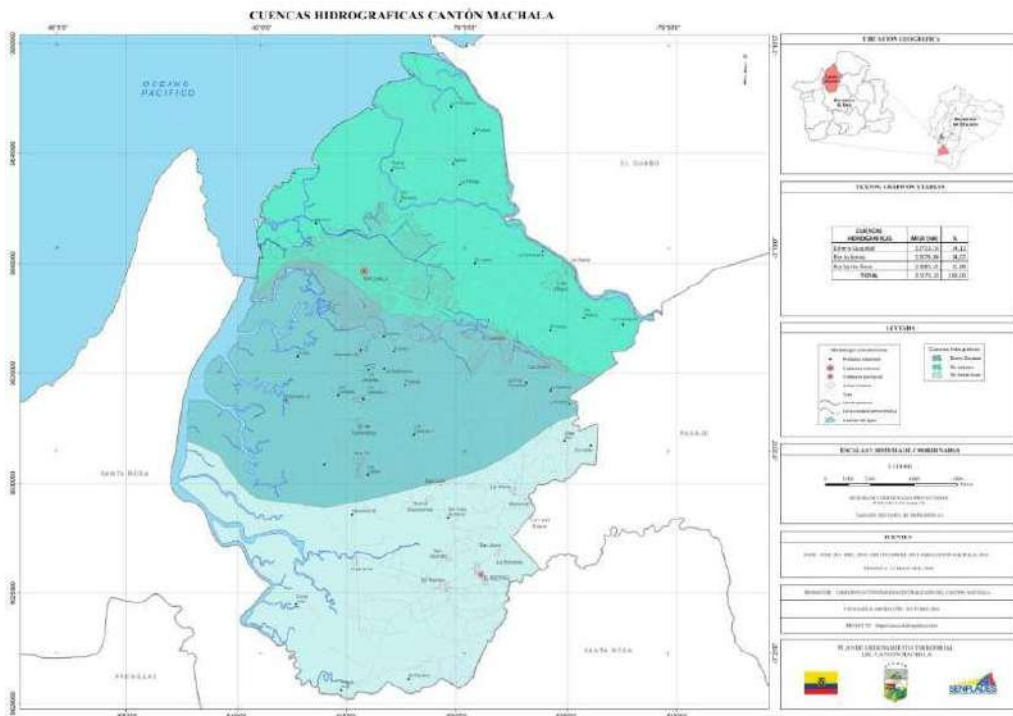
Tres cuencas hidrográficas se presentan en el cantón Machala: la del Río Jubones con 11960.28 hectáreas, misma que se divide en varios drenajes menores no definidos; la cuenca del Estero Guajabal con 13429.70 hectáreas y la cuenca del río Santa Rosa al sur del cantón con 11885.25 hectáreas y que la comprenden las subcuencas Río Santa Rosa, Río Motuche y Río Buenavista (Mapa 7) [26]. En el **Anexo 1** se describen los principales cuerpos hídricos del cantón Machala.

1.2.1.9 Descripción socio-económica.

Machala, a 2010 contaba con 245972 habitantes, según el “Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC)” [26], lo cual significaba el 41% del total de la población de la provincia y contaba con un 65% de la población económicamente activa. Según un análisis estadístico elaborado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), se estimaría una población de 289141 habitantes para el año 2020. Se pueden diferenciar cuatro sectores económicos en el cantón:

- “Sector primario 13.71%, comprende actividades de transformación de recursos naturales en recursos primarios no elaborados. En este sector se destaca la agricultura, ganadería, pesca, caza, explotación forestal y minera” [26].
- “Sector secundario 14.98%, lo comprenden las actividades encargadas de procesar la materia prima como la construcción y la industria” [26].
- “Sector terciario 60.48%, lo constituyen las actividades destinadas a la prestación de servicios que no producen bienes como los servicios de telefonía e internet, mantenimiento, reparación, comercio, entre otros” [26].
- “Sector no especificado 10.83%, lo comprenden los nuevos tipos de negocio, trabajadores informales y demás actividades no declaradas” [26].

Mapa 7. Cuencas hidrográficas del cantón Machala.



Fuente: PDOT Machala 2018

1.2.2 Situación actual.

1.2.2.1 Inundaciones

Como se ha mencionado anteriormente, la mayor parte del cantón Machala se encuentra ubicada en una llanura aluvial, que es “una amplia extensión de terreno plano formada por depósitos de materiales arrastrados por corrientes de agua,

adyacente a un río que desborda sus orillas periódicamente; una llanura aluvial comprende el plano de inundación y puede incluir deltas, abanicos aluviales y terrazas” [27]. La zona, según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2018 y otras instituciones, presenta los siguientes inconvenientes.

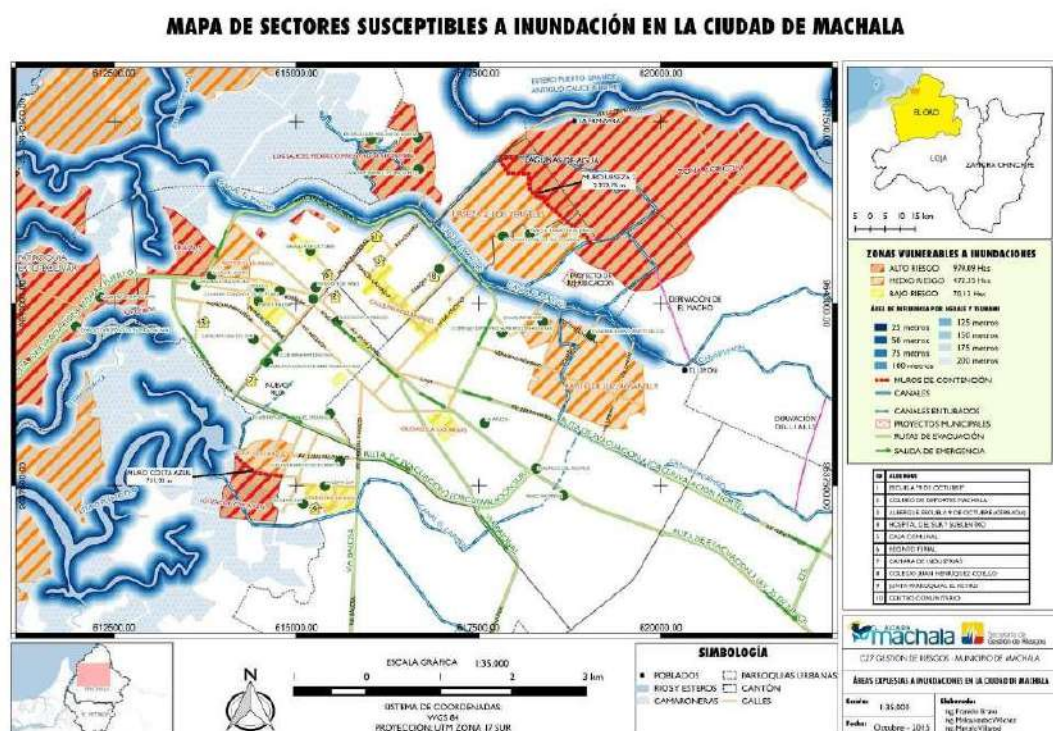
- Las llanuras aluviales presentan peligro de inundación cuando hay lluvias intensas en la cuenca alta, desde donde se alimentan los ríos
- “La topografía casi plana ocasiona que toda actividad de desagüe sea lenta y poco eficiente” [10].
- “Los peligros de inundación que se producen entre los meses de diciembre y abril, en época lluviosa, o durante la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña son de origen pluvial” [24].
- “Los niveles de peligro más alto corresponden a inundaciones en periodos cortos de tiempo, los más bajos a inundaciones pluviales históricas en periodos iguales o mayores a 100 años” [26].
- En algunos casos las inundaciones se producen por la combinación de mareas altas y lluvias fuertes y prolongadas.
- “Históricamente los sectores más afectados son La Primavera, Los Vergeles, Urzesa 2 y 3, Machala Libre, Federico Páez, Diez de Septiembre, Alborada, Urbanización San Gregorio, Asociación de Empleados del Consejo Provincial, Rayito de Luz, Rosa Nelly, Lotización Santa Cecilia, Villaflora, Las Tinajas, Ciudadela Isla Santa Ana, Urbanización Leonor Aguilar Caneso, Urbanización La Katia” [26].
- “Sectores destinados al cultivo y producción de camarón también corren riesgo de inundación durante la pleamar” [26].
- “Las inundaciones urbanas se producen como resultado directo o indirecto de la modificación del ciclo del agua. La superficie pavimentada y las edificaciones producen un aumento del escurrimiento superficial” [3].

Se adjudica el incremento de precipitaciones intensas al calentamiento global, “cuando se eleva la temperatura aumenta el vapor de agua en la atmósfera y eleva las probabilidades de una descarga abrupta de agua a través de eventos extremos” [10].

Además, “los asentamientos humanos y otras intervenciones de carácter destructivo a los ecosistemas, incrementan la exposición a la amenaza de inundación” [28] y favorecen la intensificación de estos eventos. “El cambio en el uso y la cobertura del suelo (LULC) da como resultado un aumento de la frecuencia y severidad de las

inundaciones” [29]. Es el caso de la ciudad de Machala, la misma que, en su proceso de expansión territorial ha alterado procesos ecológicos a través de la invasión de los esteros, relleno sanitario en zonas inundables, desvío del cauce natural del río Jubones, deforestación de los manglares, depósito de desechos sólidos en los cuerpos de agua, descarga directa de aguas residuales a los canales y ampliación de la frontera urbana [26] . Esto lleva a pensar, sin lugar a dudas, que “los desastres por inundación son el producto de la confluencia de factores tanto naturales como socioeconómicos, políticos y culturales” [30].

Mapa 8. Mapa de sectores susceptibles a inundación en la ciudad de Machala.



Fuente: PDOT Machala 2018

El ...Mapa 8... “muestra que las zonas más propensas a inundarse en la ciudad de Machala se encuentran principalmente en las orillas del canal El Macho y en las calles que depositan las aguas lluvias y residuales en el mismo” [26].

1.2.2.2 Estero-canal El Macho

“Los asentamientos de hecho en las riberas del estero-canal El Macho constituyen el 1.5% de la población machaleña” [26], presentan condiciones de pobreza y extrema pobreza, carecen de servicios básicos como alcantarillado y son vulnerables a enfermedades e inundaciones a causa de la inestabilidad de las construcciones y las

condiciones de hacinamiento en las que se encuentran. Esto resulta un problema económico para la ciudad pues en temporada invernal el sector se vuelve más vulnerable, así lo indica la prensa nacional y local, de donde se ha conocido que los costos por las acciones emergentes en casos de inundación han sido cubiertas casi en su totalidad por el gobierno municipal.

Una medida de mitigación, frente al problema de las inundaciones ha sido la creación de planes de contingencia [31] [32] cuyos objetivos principales han sido los de preservar la vida de los habitantes afectados y disminuir o prevenir los daños materiales causados (resiliencia), sin embargo el problema de las inundaciones continúa.

Foto 6. El Canal El Macho hace algunos años.



Fuente: Google Earth Lugar: Los Vergeles, Machala.

Foto 7. Canal El Macho en la actualidad.



Fuente: Autor. Lugar: Los Vergeles, Machala.

Además, el gobierno municipal a través de planes de ordenamiento territorial, en su afán por la restauración de ecosistemas y recuperación de los cuerpos de agua, ha reubicado cientos de personas cuyas viviendas se hallaban construidas prácticamente sobre el canal y presentaban mayor grado de vulnerabilidad.

De esta manera, se ha llegado a un punto donde la recuperación de las orillas resulta un proceso costoso y complejo por la repercusión social y económica que podría generar, la contaminación de las aguas continúa y el riesgo por inundaciones permanece latente.

1.2.3 Planteamiento del problema.

¿Existe un modelo hidráulico adecuado para la conducción de las aguas del canal El Macho tal que reduzca los riesgos por inundación de la zona urbana?

1.2.4 Delimitación espacial.

El proyecto técnico está enfocado principalmente en la zona urbana del canal El Macho, desde el sector Rayito de Luz, hasta el redondel del aguador (vía a La Primavera) donde se encuentra alta densidad poblacional. En el **Anexo 2** puede encontrar un plano de la zona de intervención del proyecto.

1.2.5 Delimitación temporal.

Los datos necesarios para este proyecto se han recogido durante los meses de junio, julio y agosto del presente, sin embargo, se ha precisado recurrir a estadísticas climatológicas y poblacionales históricas para el cumplimiento de los objetivos propuestos a continuación.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO TÉCNICO.

1.3.1 Objetivo general.

- Elaborar un modelo hidráulico del canal El Macho mediante estudios de ingeniería para reducir los riesgos por inundación en la zona urbana del cantón Machala.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Identificar los procesos hidrológicos que se dan en el cantón Machala, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y estadísticas

climáticas proporcionadas por el INHAMI, para obtener un caudal máximo de precipitación en periodos de retorno específicos.

- Identificar la sección hidráulica del canal el Macho mediante un estudio topográfico y aforos para establecer el caudal de diseño y el impacto de la pleamar en el nivel de agua.
- Proponer una alternativa, basada en estudios de ingeniería hidráulica, de canal con secciones y material adecuado que permita reducir los riesgos por inundación.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Se pretende mediante el siguiente proyecto, elaborar un modelo del canal con características hidráulicas adecuadas, capaz de conducir, en situaciones climatológicas extremas, un caudal máximo de precipitación para mitigar los riesgos de inundación por desbordamiento del canal El Macho en la zona urbana del cantón Machala, mediante estudios de ingeniería y el uso de herramientas informáticas como: sistemas de información geográfica, modelación hidráulica y procesamiento de imágenes en 3D.

Las personas beneficiadas directamente del proyecto son los residentes ubicados sobre la cuenca urbana del canal El Macho, quienes según la actualización del PDOT Machala 2018 rondaban los 3600 habitantes [26]. Además, el proyecto no sólo pretende brindar la solución a un problema sino contribuir con aspectos teóricos, metodológicos y prácticos en el estudio de cuencas urbanas y el impacto de los fenómenos climáticos en ellas.

Para ello, se plantean tres interrogantes:

¿Qué aspectos se consideran necesarios para el estudio de las inundaciones en zonas urbanas?

¿Qué alternativas existen para la mitigación de inundaciones por desbordamiento de ríos y canales?

Basada en aspectos técnicos ¿cuál es la alternativa más adecuada para mitigar las inundaciones por desbordamiento del canal El Macho?

CAPÍTULO II

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO EPISTEMOLÓGICA

2.1.1 Canales hidráulicos

“Los canales son conductos en los que circula el agua debido a la acción de la gravedad sin ninguna presión pues la superficie libre está en contacto con la atmósfera, pueden ser naturales o antrópicos, también pueden ser abiertos o cerrados incluyéndose en éstos últimos los conductos o tuberías que trabajan parcialmente llenos” [33] como las tuberías de un sistema de alcantarillado.

El canal El Macho es un canal artificial sin revestimiento, creado en un principio como un canal de riego y que a día de hoy sirve además como un canal de depósito de aguas residuales de parte de la capital orense. En él se han asentado varios habitantes cuyas moradas corren riesgo de colapso debido a que están construidas prácticamente sobre el canal, que en varias ocasiones ha amenazado con desbordar sus orillas. Además, a pesar de los esfuerzos del gobierno local por disminuir la contaminación y la pérdida del ecosistema del canal, varios moradores continúan viéndolo como una escombrera, botadero de basura y en algunos casos como un canal de depósito de residuos industriales.

Foto 8. Depósito de basura en las riberas del canal “El Macho”



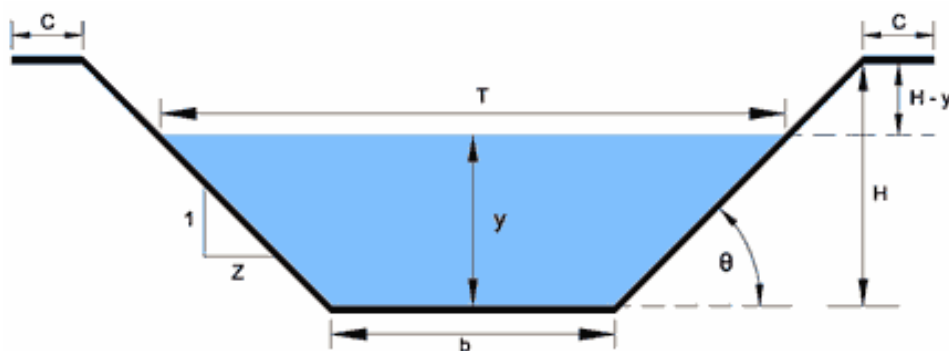
Fuente: Autor. Lugar: Canal El Macho, Calle Buenavista, Machala.

2.1.1.1 Elementos geométricos de un canal hidráulico.

Varios autores definen a los elementos geométricos como “propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría y la profundidad de flujo” [33] [34] [35] [36]. Estos elementos resumen a continuación:

- “Tirante de agua y , es la profundidad máxima del agua en el canal” [33].
- “Ancho de la solera b , es el ancho de la base de un canal” [33].
- “Espejo de agua T , es el ancho de la superficie libre del agua” [33].
- “Ancho de la corona C , es el ancho de la superficie superior del canal” [33].
- “La profundidad total del canal H , es medida desde la solera hasta la corona” [33].
- “Bordo libre o borde libre $BL = H - y$, es el desnivel entre la superficie libre del agua para el tirante normal y la corona de los bordos” [33].
- “Ángulo de inclinación θ , es el ángulo formado entre las paredes laterales y la superficie inferior del canal” [33].
- “Talud Z , es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral. Es decir, Z es el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1” [33].
- “Profundidad media \bar{y} , es la relación entre el área hidráulica y el espejo de agua” [33].

Ilustración 1. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal.



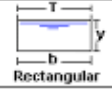

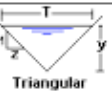


Fuente: www.ingenierocivilinfo.com

Además, se señalan sus relaciones hidráulicas.

- “Área hidráulica A , es la superficie ocupada por el líquido en una sección transversal normal cualquiera” [36].

- “El perímetro mojado P , se define como la suma de la longitud de los lados de la sección que se encuentra realmente en contacto con el fluido” [36].
- “Radio hidráulico R , sirve como la longitud característica, da uniformidad al tratamiento de canales abiertos y permite estudiar el comportamiento del flujo igual al de un tubo circular” [36].
- “Espejo de agua T , es el ancho de la superficie libre del agua” [36].

Ilustración 2. Relaciones hidráulicas de secciones transversales comunes.

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico R_h (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: hidráulicaucentral.blogspot.com

El canal El Macho, al ser un canal sin recubrimiento no cuenta con una geometría específica pues las condiciones del flujo erosionan el fondo y paredes del canal o lo llenan de sedimentos, además la presencia de vegetación, depósitos de basura y escombros modifican su forma.

Definir una sección resulta, para efectos de cálculo de velocidad, muy importante porque a través de ella se puede definir el tipo, estado y régimen del flujo. Se ha considerado, definir la geometría en las secciones donde se hallan construidos puentes pues, se apreció en un recorrido en el sitio que, bajo ellos se mantiene una forma más o menos regular. Estos puentes se hallan ubicados en: vía a La Primavera, calles: Juan Montalvo, Buenavista, Diez de Agosto, Los Vergeles; Lotización Leonor Aguilar y Ciudadela Isla Santa Ana. En ellos, se midió la altura de terreno en tres puntos donde se comprobaron cambios aparentes en el lecho, también se midió la cota en los extremos, de esta manera, y con los subsiguientes cálculos de la altura de

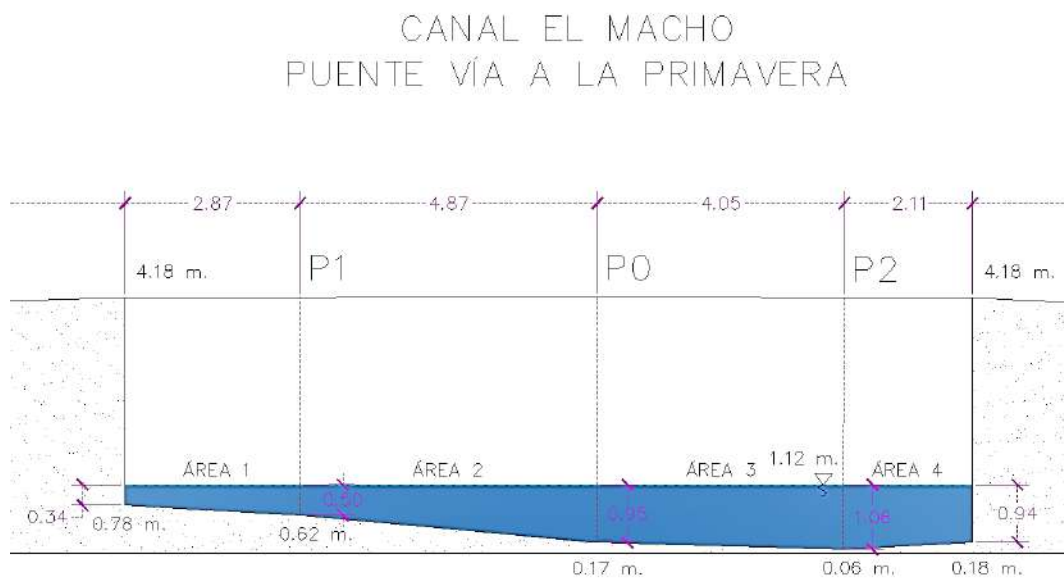
agua, se obtuvieron figuras geométricas definidas con las cuales se computó el área total de la sección.

Foto 9. Puente sobre canal El Macho, vía a La Primavera.



Fuente: Autor

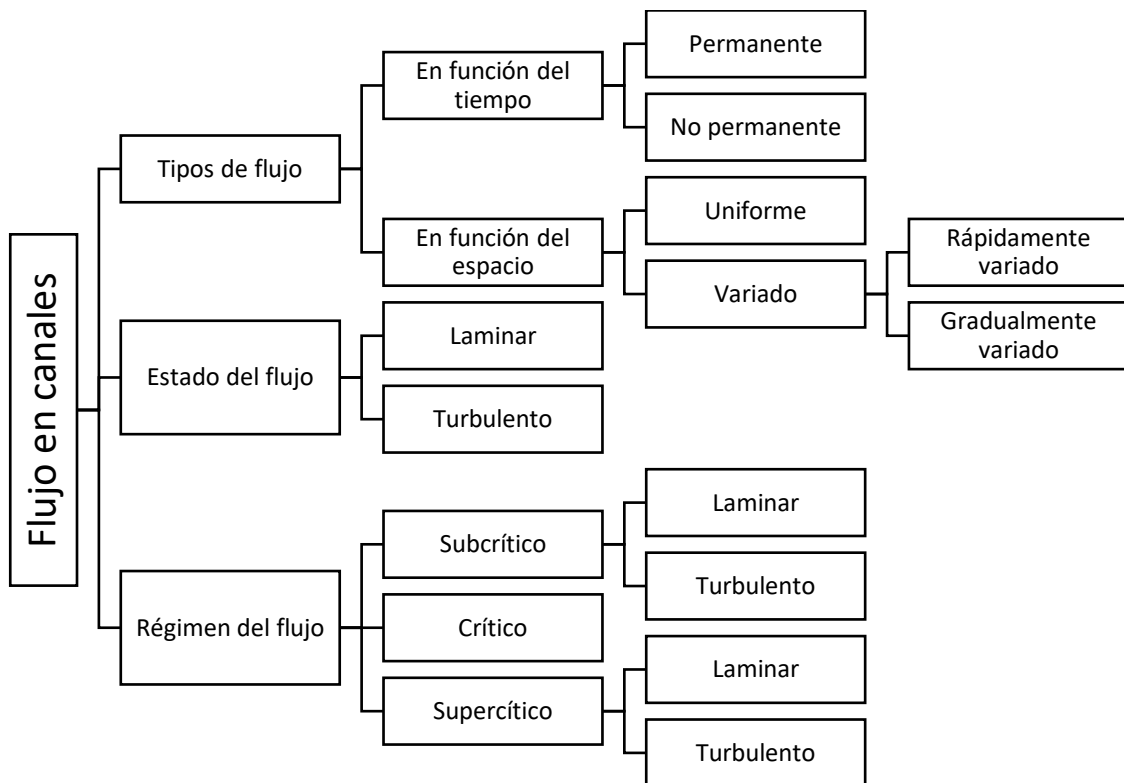
Ilustración 3. Cálculo de área hidráulica del canal El Macho.



Elaboración: Autor

2.1.1.2 Tipo, estado y régimen del flujo en canales hidráulicos.

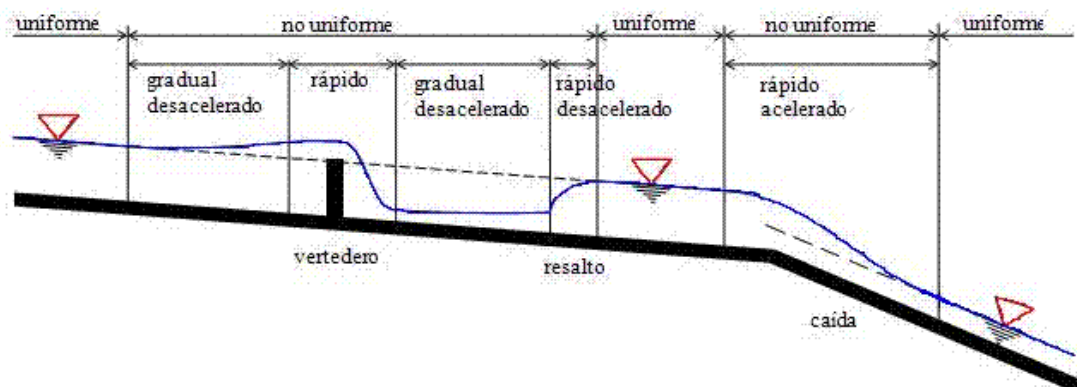
Ilustración 4. Tipos, estado y régimen de flujo en canales.



Fuente: Ven Te Chow (2004) Elaboración: Autor.

Las condiciones de flujo en canales abiertos se tornan complicadas pues las variables hidráulicas como coeficiente de rugosidad, superficie libre, profundidad del flujo, pendiente de fondo y caudal son interdependientes (Chow, 2004) [37].

Ilustración 5. Tipos de flujo en canales.



Fuente: Universidad de los Andes, Venezuela

Ven Te Chow, presenta las siguientes definiciones:

- “El flujo es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante un intervalo de tiempo en una sección de canal” [34].

$$\frac{\partial y}{\partial t} = 0 \wedge \frac{\partial v}{\partial t} = 0 \wedge \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

- “Si la profundidad del flujo es la misma en cada sección el flujo es uniforme” [34].

$$\frac{\partial y}{\partial L} = 0 \wedge \frac{\partial v}{\partial L} = 0 \wedge \frac{\partial A}{\partial L} = 0 \quad (2)$$

- “El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, se puede ejemplificar con un resalto o una caída hidráulica” [34].
- “El efecto de la viscosidad en relación con las fuerzas inerciales se determina por el número adimensional de Reynolds R_e ” [34].
- “Los regímenes del flujo se determinan por el número de Froude F , el mismo que relaciona las fuerzas de inercia de velocidad con las fuerzas gravitatorias” [34].

Tabla 3. Régimen y estado del flujo en canales.

Estado del flujo	$R_e = \frac{v \cdot R}{\nu}$	$R_e < 580$	Laminar	Trayectorias suaves y definidas o líneas de corriente
		$580 \leq R_e \leq 750$	Transición	Estado mixto
		$R_e > 750$	Turbulento	Trayectorias irregulares, no definidas
Régimen del flujo	$F = \frac{v}{\sqrt{g(A/T)}}$	$F < 1$	Subcrítico	Movimiento tranquilo y lento Influencia aguas arriba
		$F = 1$	Crítico	Equilibrio
		$F > 1$	Supercrítico	Elevada velocidad Flujo torrentoso Influencia aguas abajo

Donde ν representa la viscosidad cinemática del fluido y v la velocidad del flujo

Fuente: Ven Te Chow [34] Elaboración: Autor.

El canal El Macho presenta flujo no permanente, este varía a causa de la marea y los caudales que aportan las aguas residuales que difieren según la hora del día; con un estado de transición y un régimen subcrítico ya que se aprecia un movimiento de agua tranquilo y donde una singularidad en cualquiera de las secciones provoca un estancamiento aguas arriba. Estas condiciones se revisarán más adelante cuando se conozcan sus características hidráulicas. A pesar de ello, se ha considerado que el flujo en el canal es permanente y uniforme, porque este “aporta soluciones satisfactorias en los cálculos, desde el punto de vista del ingeniero interesado en la solución de un problema práctico y real” [33] [35].

“El cálculo del flujo uniforme puede llevarse a cabo a partir de dos ecuaciones, de continuidad y de Manning. Para el cálculo de cualquiera de ellas se considera fundamental contar con al menos cuatro de los siguientes elementos: caudal normal Q , velocidad media del flujo v , profundidad normal y , coeficiente de rugosidad n , pendiente del canal S y los elementos geométricos que comprenden la sección transversal como área A y radio hidráulico R ” [34].

2.1.1.3 Socavación en cauces naturales.

“La morfología de un cauce natural puede variar debido a la acción de fenómenos fluviales, hidrológicos y antrópicos” ... “A lo largo del perfil longitudinal de un cauce se presentan fenómenos naturales que pueden modificar su condición geométrica”. “Uno de estos fenómenos, llamado socavación, puede presentarse en forma general provocando una disminución generalizada del fondo por el aumento del arrastre de sedimentos debido al incremento de la capacidad de flujo (crecidas); o local producida por la presencia de estrechamientos, curvas o estructuras en la corriente de un río, lo que provoca un aumento en la intensidad del flujo capaz de remover el material del lecho” [38].

2.1.1.4 Trazado en planta de un cauce.

“No se debe subestimar la presencia de curvas en un trazado, en la mayoría de los casos se requiere más bien un criterio ingenieril que un cálculo matemático ya que en general hay puntos de paso obligados que determinan o no la existencia de curvas. En canales compuestos, es común que el cauce de aguas bajas tenga mayor sinuosidad, es decir que, si el cauce de agua altas es más recto, estará más en consonancia con su funcionamiento” [39]. Además, se considera que un adecuado trazado influye directamente en el costo de construcción de una estructura, por lo que algunos

investigadores [40] han estudiado procesos matemáticos de alineamiento para determinar el más adecuado en relación al costo por movimiento de tierras.

2.1.2 Consideraciones hidráulicas del canal.

2.1.2.1 Determinación del caudal.

Puesto que el caudal de aguas residuales es objeto de estudio de proyectos que pueden complementar esta investigación, siendo producto de factores como población futura y dotación de agua potable, además del conocimiento de la red de alcantarillado en la ciudad, se han determinado mediante aforos, niveles mínimos y máximos de las aguas del canal, que significan la suma de los caudales de aguas residuales y de riego. Este caudal se determinará a través de la ecuación de continuidad expresada a continuación:

$$Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 = \dots = v_n \cdot A_n \quad (3)$$

- “Donde v es la velocidad media de la sección normal al flujo, de área transversal A y n es el número de tramos del canal por donde discurre el caudal constante” [35].

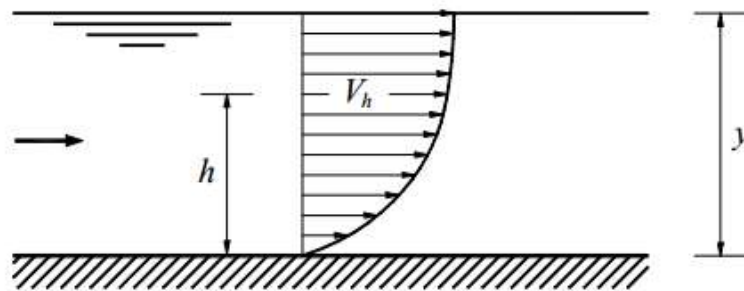
Varios estudios y métodos para determinar caudales en ríos y canales [41] [42] [43] han sido publicados, en el presente estudio se hará uso de la técnica de “velocidad superficial” mencionada por el United States Geological Survey en su informe “Determinación de caudal y técnicas de muestreo en agua superficial” [44] donde se especifica que: en ciertas condiciones se pueden usar objetos flotantes y determinar el tiempo en que éste se mueve de un lugar a otro, relacionando este tiempo y una longitud previamente definida se puede obtener la velocidad superficial, la misma se promedia con el resultado de varias observaciones distribuidas con la mayor uniformidad posible en la sección. El mismo informe señala que para escoger una sección transversal se deben reunir los siguientes requisitos:

1. La sección debe estar localizada en un tramo recto.
2. El fondo del cauce es relativamente uniforme y libre de objetos que obstruyan la distribución horizontal de la velocidad.
3. El flujo es relativamente uniforme; no existen puntos turbulentos, ni puntos de poca o ninguna velocidad.
4. La velocidad excede los 0.15 m/s y las profundidades los 0.15 m

En canales y tuberías el flujo es esencialmente tridimensional, la velocidad en un canal no está uniformemente distribuida debido a la fricción que ejercen las paredes y el

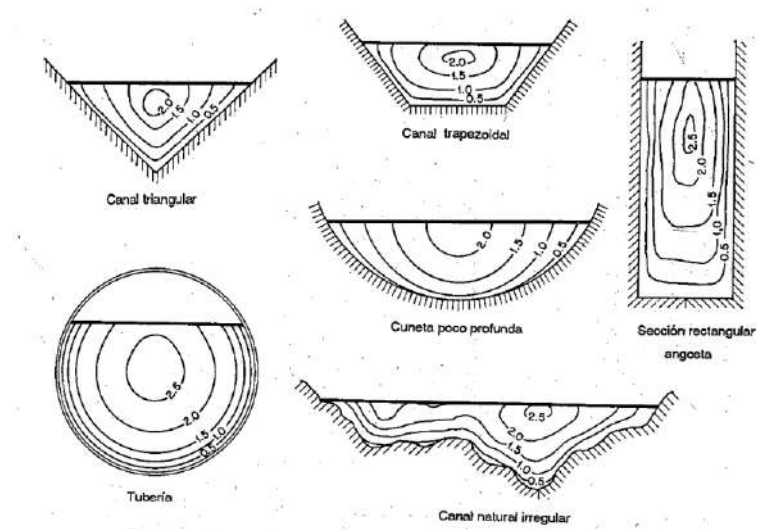
fondo sobre el fluido (Ilustraciones 6 y 7), depende también de factores como la forma del canal, presencia de curvas y contrario a lo que se piensa, el viento tiene poca influencia en el efecto de distribución de la velocidad. Además, investigaciones demuestran que “los lados de un canal no tienen influencia en la distribución de velocidades cuando estos son muy anchos, algunos experimentos indican que para que se cumpla esta aseveración, el ancho debe ser de 5 a 10 veces mayor que la profundidad del flujo según la condición de rugosidad superficial” [34].

Ilustración 6. Distribución de velocidades en la sección longitudinal de un canal de ancho infinito.



Fuente: Hidráulica de tuberías y canales [35]

Ilustración 7. Distribución de velocidades en diferentes secciones transversales de un canal.



Fuente: Hidráulica de canales abiertos [34].

“En general, la velocidad media no la proporciona el flotador sino solo una parte de ella, la velocidad del agua disminuirá en las paredes según la aspereza y tamaño del

perímetro humedecido en proporción con la sección transversal de la corriente” [45]. Mejía [45] señala que la velocidad media (v_m) se calcula multiplicando el valor de la velocidad superficial de flujo (v_s) por el coeficiente de flotación (C_f), así:

$$v_m = C_f \cdot v_s \quad (4)$$

Tabla 4. Coeficientes de flotación.

R=A/P	Madera lisa o cemento	Madera sin cepillar o pared de ladrillo	Pared de pedrusco	Tierra
0.1	0.860	0.840	0.748	0.565
0.2	0.865	0.858	0.792	0.645
0.3	0.870	0.865	0.812	0.685
0.4	0.875	0.868	0.822	0.7012
0.5	0.880	0.870	0.830	0.730
0.6	0.885	0.871	0.835	0.745
0.7	0.890	0.872	0.837	0.755
0.8	0.892	0.873	0.839	0.763
0.9	0.895	0.874	0.842	0.771
1	0.895	0.875	0.844	0.780
1.2	0.895	0.876	0.847	0.860
1.4	0.895	0.877	0.850	0.940

Fuente: MATERÓN MUÑOZ, Hernán. OBRAS HIDRÁULICAS RURALES. Colombia: Universidad del Valle, 1997.Vol 3.P.97-98.

Una vez conocidas las características de las secciones y la velocidad media se pueden calcular los caudales necesarios para este proyecto.

2.1.3 Consideraciones hidrológicas de la cuenca urbana.

2.1.3.1 Fórmula racional para el análisis de cuencas urbanas.

“La fórmula racional es la ecuación más aplicada en hidrología práctica debido a su simplicidad y al compromiso efectivo entre la teoría y la disponibilidad de datos. Aunque la fórmula racional tiene varios inconvenientes, es confiable y sorprendentemente precisa teniendo en cuenta la escasez de información de entrada” [46]. La idea fundamental se basa en: “si se produce una lluvia con duración igual al tiempo de concentración del área de la cuenca, el caudal generado en el punto de salida será el máximo ya que estará aportando toda la cuenca en forma simultánea” [47].

“La estimación de la descarga de las cuencas hidrológicas basada en el análisis de la caída de la lluvia es una práctica muy frecuente de la ingeniería hidrológica. Pero,

también con bastante frecuencia, las mediciones de descarga de la cuenca no están disponibles para el análisis estadístico” [48]. Para superar este obstáculo, se usa a menudo la fórmula racional, “útil para calcular el caudal de diseño o gasto máximo de una obra de drenaje urbano y rural en cuencas de hasta 500 hectáreas de extensión” [49] según *Aguilera et al*, SENAGUA [50] indica que sólo se usará en cuencas menores a 100 hectáreas. Se expresa mediante la ecuación:

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A \quad (5)$$

- “Donde **Q** es el caudal en m³/s, **C** el coeficiente adimensional de escorrentía, **I** una intensidad de lluvia en mm/h en un periodo de retorno determinado en años y **A** un área de aportación de la cuenca en hectáreas” [49].

2.1.3.2 Coeficiente de escorrentía **C**

El coeficiente de escorrentía es quizá la variable más difícil de determinar a la hora de realizar un cálculo hidrológico, “representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo” [51] . Aparicio [52] lo expresa mediante la ecuación:

$$C_e = V_{ed} / V_{ll} \quad (6)$$

- Donde V_{ed} es el volumen de escurrimiento y V_{ll} el volumen de lluvia.

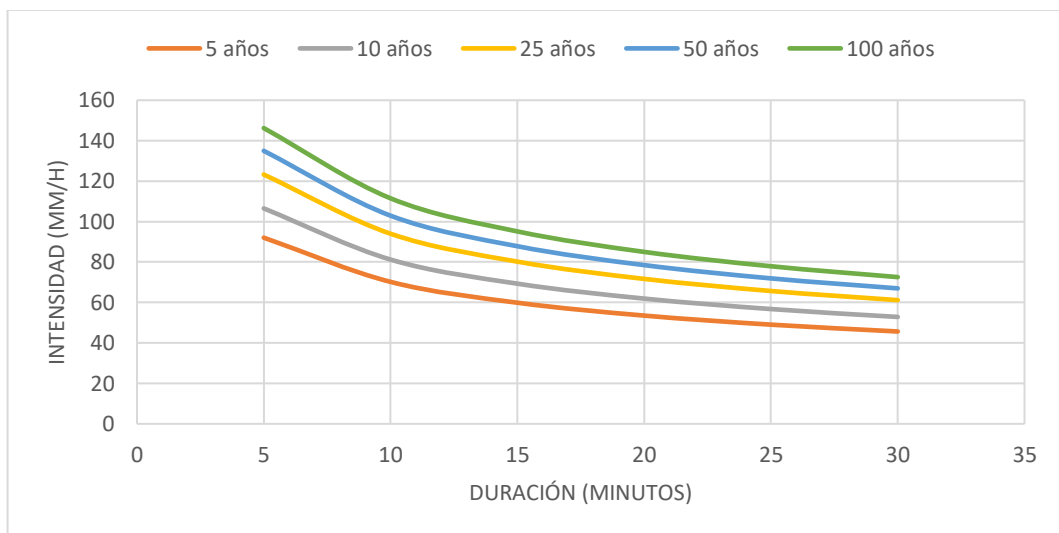
“La fórmula racional es un modelo basado en procesos de escorrentía de captación en el que **C** representa todas las pérdidas de lluvia (intercepción, almacenamiento de depresión e infiltración). Sin embargo, la relación también puede considerarse como una correlación estadística entre **Q** y el producto de las variables independientes **I**, **Tc** y **A**, donde **C** desempeña el papel de un coeficiente de proporcionalidad” [53].

Existe una extensa lista de publicaciones realizadas en torno al coeficiente de escorrentía [54] [55] [56] , todas ellas de carácter empírico, sin embargo en la presente investigación se recurrirá a la tabla proporcionadas por Ven te Chow [57] para su determinación (Ver Anexo 3).

2.1.3.3 Intensidad máxima de precipitación.

“El régimen pluviométrico es el rasgo climático más importante que caracteriza un lugar o zona, debido a muchos factores que afectan en el ámbito meteorológico, hidrológico y de ingeniería civil. El conocimiento de las intensidades extremas de precipitación, su duración y frecuencia es imprescindible para la planificación de obras hidráulicas, carreteras, redes de alcantarillado, el diseño de drenajes de aguas pluviales en grandes instalaciones y edificaciones, la optimización de los recursos hidráulicos en cuencas hidrográficas y la prevención de crecidas” [58]. “Para la utilización práctica de los datos de lluvias en los diferentes campos de ingeniería, es necesario conocer la estrecha relación existente entre las cuatro características fundamentales de las precipitaciones: intensidad, duración, frecuencia y distribución” [59].

Ilustración 8. Curvas IDF Estación M0072 Machala Aeropuerto



Elaboración: iRHIMA.

El cálculo de la intensidad de precipitación se lo realizará a través de la ecuación propuesta por el “Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)” [59], formulada en base a series máximas anuales de precipitación.

$$I_{TR} = \frac{K \cdot Id_{TR}}{t^n} \quad (7)$$

Donde:

- “ I_{TR} =Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h” [59]

- “ I_{TR} =intensidad diaria para un periodo de retorno, dado en mm/h” [59]
- “ t =tiempo de duración de la lluvia en minutos” [59]
- “ K, n =constantes de ajuste aplicando mínimos cuadrados” [59]
- “ TR =periodo de retorno” [59]

2.1.3.4 Tiempo de concentración T_c

“Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante” [60]. Sandoval [61], presenta una tabla con algunas de las ecuaciones más utilizadas para el cálculo del tiempo de concentración, de las cuales opta por la de Goroshcova (1979) pues dispone de algunos aforos realizados. Un estudio más exhaustivo acerca del T_c lo realizan Vélez *et al*, quienes recomiendan “hacer uso de ecuaciones que expresen el tiempo de concentración como el tiempo transcurrido entre el inicio de la lluvia efectiva y el caudal punta” [62]; como las ecuaciones de Passini, California, Kirpich y Ventura-Heras. Saluzzio *et al* [63] hacen uso de paquetes informáticos, entre ellos HEC-HMS, para el cálculo del tiempo de concentración, sin embargo, no expone el nivel de confiabilidad de los resultados al no contar con datos de campo.

Tabla 5. Ecuaciones para el cálculo del tiempo de concentración.

Método	Ecuación	Variables
Passini	$T_c = a \frac{(SL)^{\frac{1}{3}}}{i^{0.5}}$ <p>siendo $0.04 \leq a \leq 0.13$</p> $a = \frac{L}{\sqrt{S}}$	T_c = tiempo de concentración (horas), i = pendiente media del cauce principal (%), S = área de la cuenca (km ²), L = longitud del cauce principal (km), a = alejamiento medio
California culverts practice	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$	L = longitud del curso de agua más largo (m), H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).
Kirpich	$T_c = 0.02 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$	T_c = tiempo de concentración en minutos L : longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo en cauce principal en m S : pendiente en m/m.

Método	Ecuación	VARIABLES
Ventura-Heras	$T_c = a \frac{S^{0.5}}{i}$ <p>siendo $0.05 \leq a \leq 0.5$</p> $a = \frac{L}{\sqrt{S}}$	Tc= tiempo de concentración (horas), i= pendiente media del cauce principal (%), S= área de la cuenca (km ²), L= longitud del cauce principal (km), a= alejamiento medio
Fuente: Vélez & Botero (2011) [61]		

En el presente estudio se utilizará la ecuación de KIRPICH (1940), pues “ésta presenta variables de cálculo como longitud máxima a la salida y pendiente media del lecho” [61], la primera obtenida a través de sistemas de información geográfica y la segunda mediante batimetría del canal realizada por el autor.

2.1.3.5 Área de aportación de la cuenca hidrográfica

“Se entiende por cuenca hidrográfica la unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cauce común, incluyen en este espacio: poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas” [64].

“El procedimiento para la obtención de cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas, se ha fortalecido en función al crecimiento vertiginoso que han tenido en los últimos años los Sistemas de Información Geográficos (SIG), que han aportado con nuevas herramientas enfocadas a estudios hidrográficos” [65].

“El método convencional de delimitación de cuencas para cuencas de áreas grandes es un trabajo tedioso y lento...La llegada de las herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) se han desarrollado para identificar las cuencas hidrológicas utilizando modelos digitales de elevación (MDE)” [48]. Además, estas herramientas combinadas con modelos numéricos permiten realizar una cuantificación sistemática de riesgos de inundaciones [66].

La metodología Pfafstetter, que identifica tres tipos de unidades hidrográficas: cuenca, intercuenca y cuenca interna, diferenciadas en función del área drenada, ha sido utilizada en varios países de Sudamérica en los últimos años [67].

En el año 2009 la “Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) con el apoyo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN) publicó la metodología para la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador donde se identificaron cuencas hidrográficas hasta el Nivel 5 mediante la utilización de MDE” [68], posteriormente

publicó, en 2017, una actualización [69] que contiene cuencas hidrográficas hasta Nivel 7 obtenidos a través de MDE más precisos.

Para la obtención de la cuenca urbana del canal El Macho, se ha hecho uso de la metodología empleada por Jumbo [65] que comprende el procesamiento digital del MDE de la zona y que se ha obtenido mediante el procesamiento de imágenes en 3D y la toma de niveles en las principales calles de la ciudad de Machala.

2.1.4 Consideraciones hidráulicas para la alternativa de solución

2.1.4.1 Caudal de diseño

Existe una extensa literatura sobre caudales en los cuerpos de agua, Martín Vide [39] reconoce tres tipos: dominante, sólido y de proyecto; Ven Te Chow [34] menciona un caudal de creciente, la “Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua” [64] y Meza *et al* [42] definen un caudal ecológico; también se puede observar en sitios web [70] y otras fuentes [71] [41]: definiciones como caudal base, de mantenimiento, generador y probabilísticos.

Para diseñar un modelo que haga frente a las inundaciones por desborde del canal, se hará uso de los siguientes tipos de caudal: el caudal generado por el alcantarillado sanitario, la “componente hidrológica del caudal ecológico” [72] y un “caudal máximo de precipitación para un periodo de retorno en función de la vida útil de la estructura” [73].

2.1.4.2 Periodo de retorno

La SENAGUA [50] dispone que, para obras de alcantarillado, pluvial, sanitario o mixto; se debe seleccionar un periodo óptimo de diseño basado en economías de escala y tasas de actualización, teniendo en cuenta facilidades de ampliación e impacto ambiental de ejecución de la obra.

“En casos que no se apliquen criterios económicos, la fijación del periodo de retorno se basa en criterios como: vida útil de la obra, tipo de estructura, facilidad de reparación y ampliación de la obra y peligro de pérdida de vidas humanas” [74].

El presente estudio, “tomará como base para la obtención del periodo de retorno T (en años) tablas en función del riesgo admisible R y vida útil de las obras n en años, valores máximos recomendados de riesgo admisible y valores de vida útil en función del tipo de obra” [73], recogidos por Francisco Rojas.

Tabla 6. Vida útil en años de algunas obras de drenaje.

Tipo de obra	Vida útil en años (n)
Puentes y defensas ribereñas	40
Alcantarillas de quebradas importantes	25
Alcantarillas de quebradas menores	15
Drenaje de plataforma y sub-drenes	15
Fuente: Rojas (2014) [73]	

Tabla 7. Valores máximos recomendados de riesgo admisible.

Tipo de obra.	Riesgo admisible (**) (%)
Puente (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Sub-drenes	40
Defensas ribereñas	25
Fuente: Rojas (2014) [73]	

Tabla 8. Valores de periodo de retorno T (años).

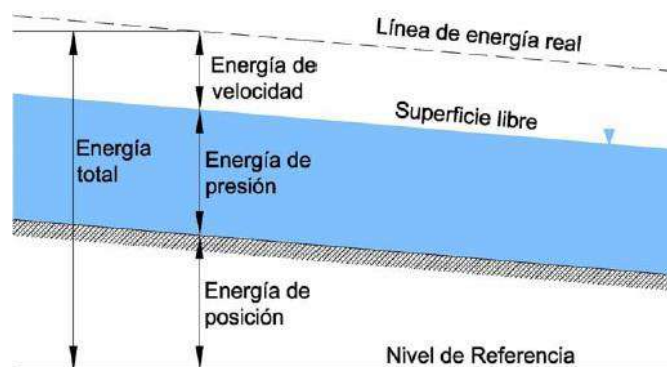
Riesgo admisible	Vida útil de las obras (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R (%)										
1	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
2	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
5	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
90	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44
Fuente: Monsalve (1999) [73]										

2.1.4.3 Flujo uniforme en canales

“A pesar de que el flujo uniforme permanente es raro en corrientes naturales, a menudo se supone esta condición pues sus resultados ofrecen soluciones relativamente simples y satisfactorias para muchos problemas prácticos” [34] [35]. Encontrar un movimiento uniforme en un canal significa según Villón, que:

1. “La profundidad, área mojada, velocidad y caudal son constantes en cada sección del canal” [33].
2. “La línea de energía, fondo del canal y superficie libre del agua son paralelos” [33].
3. “La pendiente no sea excesiva” [33].

Ilustración 9. Líneas de energía para flujo uniforme en canales.



Fuente: www.cuevadelcivil.com

2.1.4.4 Relación entre las ecuaciones de Chezy, Manning y Continuidad.

“En 1769 el ingeniero francés Antonie Chezy desarrollaba probablemente la primera ecuación del flujo uniforme, que a menudo se expresa como sigue” [34].

$$v = C\sqrt{R \cdot S} \quad (8)$$

- “Donde C es un factor de resistencia al flujo y S es la pendiente de la línea de energía” [34].

Investigadores como Gabguiller y Kutter, Bazin o Powell han propuesto ecuaciones para calcular la resistencia al flujo, sin embargo, la teoría más usada es la de Robert Manning (1889) quien define una ecuación en función del radio hidráulico [34]

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (9)$$

- “Donde n representa el coeficiente de rugosidad de Manning, el mismo que para casos prácticos se considera idéntico al de Kutter, cuando la pendiente es igual o mayor que 0.0001 y el radio hidráulico está entre 1 y 30 pies” [34].

La ecuación de Manning por su simplicidad y resultados satisfactorios es ampliamente usada en proyectos de ingeniería, reemplazando la ecuación de C en la de Chezy y luego ésta en la ecuación de la continuidad, obtenemos la siguiente expresión:

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (10)$$

“Según datos experimentales, la ecuación de Manning sobrestima la descarga de canales de segundo tipo (canales con un ancho superior de cierre), bajo el flujo parcialmente lleno” aunque puede resolverse aplicando criterios de hidráulica. [75]

Se puede observar la tabla de coeficiente de rugosidad de Manning en el **Anexo 4**, tomada del libro “Hidráulica de canales abiertos” [34]

2.1.4.5 Coeficiente ponderado de rugosidad.

“Determinar un valor adecuado para el coeficiente de rugosidad no se limita a la selección de un valor en una tabla, esto requiere de criterio y experiencia en ingeniería. Los factores que ejercen una mayor influencia en canales son: rugosidad superficial, vegetación, irregularidad y alineamiento del canal, sedimentación y socavación, obstrucción, tamaño y forma del canal, nivel y caudal, cambio estacional, material en suspensión y carga de lecho” [34].

“La ecuación de Cowan, hace uso de variables basadas en: tipo de material involucrado n_0 , grado de irregularidad n_1 , variación de la sección transversal n_2 , efecto de las obstrucciones n_3 , vegetación n_4 y grado los efectos por meandros m_5 ; para el cálculo del coeficiente de rugosidad” [34] [35].

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad (11)$$

2.1.4.6 Máxima eficiencia hidráulica.

“Es muy común en la práctica, encontrarse con situaciones donde las variables de diseño como tirante y base de la solera están limitadas, en otros casos se tiene libertad para escoger estos valores pues se cuenta con el suficiente espacio para modelar el canal y donde la única limitante es el costo de construcción que influye

directamente en la eficacia de la estructura. En este último caso se toma en cuenta la máxima eficiencia hidráulica, la misma que para una misma área hidráulica, pendiente y calidad de paredes, deja pasar un caudal máximo. De esta manera se resuelve el problema de menor excavación, disminuyendo los costos por movimiento de tierras.” [35] [33]

“La mejor sección hidráulica se usa generalmente como una guía o punto de inicio en el diseño de canal abierto. El semi-círculo y los polígonos semi-regulares, como el semi-cuadrado, el semi-hexágono y el semi-octágono, tienen el perímetro mínimo mojado para un área determinada y, por lo tanto, son las mejores secciones desde el punto de vista hidráulico...Minimizar el perímetro mojado implica minimizar el costo de construcción (costo de revestimiento)...Para tener el perímetro mojado mínimo, el radio hidráulico debe ser un máximo, la mejor sección hidráulica es el semicírculo ya que tiene el radio hidráulico máximo”, explica Vatankhah [76].

Sin embargo, construir un canal semicircular implica dificultades técnicas cuando el área de sección transversal es elevada. En términos de área y velocidad, la sección que mejor se acomoda es la semi-cúbica, ya sea para canales con pendiente suave o fuerte, sus propiedades hidráulicas provocarían que el canal no se vea afectado por sedimentos, posibles socavaciones o desgaste innecesario de material, sin embargo, como en el caso anterior, la decisión del ingeniero desde el punto de vista constructivo lo haría inclinarse por una forma más óptima [76]. Por esto, se ha hecho común el estudio [77] [78] [79] y la construcción de canales trapezoidales, puesto que presenta menores dificultades de construcción obteniendo mayores ventajas hidráulicas.

Tabla 9. Ecuaciones para máxima eficiencia hidráulica de un canal trapezoidal.

Talud	Base de la solera	Área hidráulica	Perímetro mojado
$Z = \frac{\sqrt{3}}{3}$	$b = 2y \tan(\theta / 2)$	$A = y^2(2\sqrt{1+Z^2} - Z)$	$P = 2y(2\sqrt{1+Z^2} - Z)$
Fuente: Villón (2007). Elaboración: Autor			

2.2 ESTUDIOS DE INGENIERÍA PARA LA DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

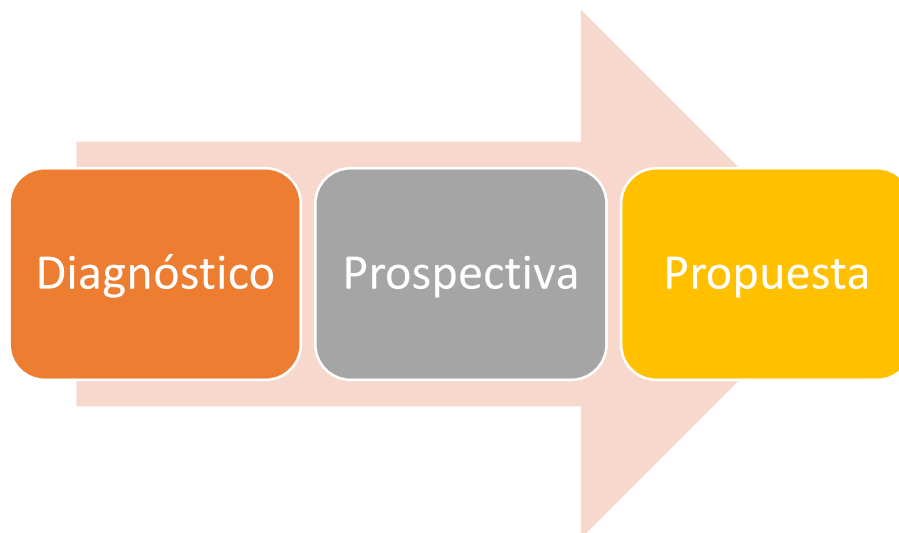
2.2.1 Metodología.

2.2.1.1 Tipo de investigación.

La presente investigación es de carácter TÉCNICO-PRÁCTICA pues la comprenden estudios de ingeniería que han hecho posible la determinación de un problema real, haciendo uso de datos obtenidos en el campo, en medios electrónicos y en organizaciones gubernamentales y no gubernamentales; y las posibles alternativas de solución. El producto esperado es la obtención de un modelo hidráulico, implantado en los lugares que, según el mapa de sectores susceptibles a inundación (Mapa 8), son los más afectados en la cuenca urbana del canal El Macho.

2.2.1.2 Descripción del proceso metodológico.

Ilustración 10. Descripción del proceso metodológico.



Elaboración: Autor.

El proceso comprende tres etapas principales diferenciadas por sus objetivos.

a) Diagnóstico.

Se define como diagnóstico al análisis de los elementos que componen el problema de las inundaciones en la zona. Para esto se ha acudido a los organismos públicos y privados, se ha realizado investigaciones bibliográficas e indagado en plataformas virtuales, para recopilar información socioeconómica y

técnica que nos permita evaluar, a posteriori, las alternativas de solución. Para el cumplimiento de los objetivos propuestos por el autor, se propone la obtención los siguientes estudios:

Análisis del riesgo por inundación.

- Registros de zonas inundables.
- Susceptibilidad y amenaza a inundaciones.
- Movimientos de masas ante inundaciones.
- Caracterización hidráulica del canal-estero “El Macho”.
- Estudios hidrológicos de las cuencas y subcuencas cercanas a la ciudad de Machala.
- Registros históricos de precipitaciones.
- Metodologías para evaluar el riesgo ante la amenaza de inundaciones y la vulnerabilidad del sector.

Estudios de la zona.

- Planos catastrales.
- Fichas prediales urbanas.
- Estadísticas de la tipología de construcciones del cantón.
- Mapas de cobertura y uso del suelo.
- Mapas de tipo de suelo.
- Plano del valor del suelo.
- Fotogrametría del cantón.

Análisis hidráulico del canal.

- Plano del sistema de alcantarillado de la ciudad.
- Registro histórico de caudales.
- Aforos realizados.

b) Prospectiva

La prospectiva es el estudio de las causas técnicas, científicas, económicas y sociales que nos ayudan a prever situaciones que, en casos desfavorables, provoquen desastres con consecuencias negativas en los ámbitos económico-social y humano. En esta fase se evalúa la información obtenida y se realizan los estudios complementarios que nos permitan modelar el comportamiento hidráulico a través de trabajos de campo y gabinete. Estos estudios se dividen según las ramas de la ingeniería así:

- **Estudios de hidráulica del canal.**

Se analizarán los componentes básicos del canal, mediante aforos realizados en horas que, según el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR) [80] la marea está en su nivel más bajo o alto (bajamar y pleamar), para determinar las diferentes velocidades del flujo. Además, se realizarán estudios topográficos para determinar la pendiente media en los diferentes tramos de la cuenca urbana del canal y mediciones de la sección bajo los diferentes puentes ubicados en la zona. La realización de estos estudios nos permitirá conocer el los caudales a considerar en la alternativa de solución.

- **Estudios hidrológicos de la zona.**

Para la obtención de un caudal máximo de precipitación según el método racional, se requiere identificar un coeficiente de escorrentía apropiado en base al tipo de suelo identificado en el canal, posteriormente se cuantificará el área de la cuenca del canal “El Macho” mediante SIG’s; finalmente con la ecuación proporcionada por el INAMHI [59] se obtendrá una intensidad de precipitación con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en un periodo de retorno determinado.

c) Propuesta

Una vez conocida la problemática económico-social y realizados los estudios antes mencionados, la investigación entra en una fase de propuesta y evaluación de alternativas de solución, basada sólo en aspectos técnicos como selección del tipo de obra, material, forma de la sección y eficiencia hidráulica. Llegados a este punto, contaremos con un prototipo de estructura diseñado sobre un MDE, la misma que podrá ser puesta a prueba mediante simulaciones virtuales de inundación.

2.3 PREFACTIBILIDAD

2.3.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN.

Existe una extensa lista de medidas de mitigación de riesgo por inundación expuesta por varios investigadores a nivel mundial, se expresan enfoques basados en resistencia, que apuntan a la prevención de inundaciones; y en estrategias de resiliencia, destinados a minimizar los impactos de las inundaciones y mejorar la recuperación de esos impactos [81]. La selección de una u otra alternativa, depende

de la repercusión socioeconómica que produzca la medida adoptada y de su impacto en el medio ambiente.

García et al y *Jáuregui et al* coinciden en que “una gestión del riesgo por inundación efectiva combina medidas estructurales y no estructurales” [28] [82], algunas de ellas se basan en la propia naturaleza como mitigante del riesgo [83], sin embargo la finalidad de este estudio es contemplar medidas estructurales basadas en aspectos técnicos.

“Las medidas estructurales están constituidas por cualquier obra de infraestructura hidráulica que ayude a controlar las inundaciones manteniendo el agua dentro del cauce o evitando que un desbordamiento del mismo alcance poblaciones o zonas de gran interés. Pueden ser de regulación (canalización del cauce y entubamiento), rectificación o protección” [84]. Se ha desestimado la opción de construcción de presas debido a la poca pendiente que presenta el terreno, y los desvíos del cauce que se han construido hasta la fecha han brindado escasa mitigación al problema de las inundaciones, también se ha desestimado la construcción de bordos por ser una medida de carácter temporal y no presentar ventajas hidráulicas en su diseño.

Por tanto, se proponen 4 tipos de estructuras de regulación resumidas en la ...**Tabla 10**..., cuyas ventajas y desventajas nos proporcionarán una idea clara sobre el prototipo a modelar según los objetivos planteados en el **Capítulo 1**. Se ha considerado para la elaboración de este análisis el informe emitido por la Comisión Nacional de Riego del Gobierno Chile [85] donde se comparan 18 casos de proyectos con revestimiento tradicional o entubado en diferentes localidades de ese país.

2.4 FACTIBILIDAD.

Como se ha indicado, la elección de una u otra alternativa, en nuestro país, pasa principalmente por temas políticos y económicos, el “Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua; dispone que corresponde a la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos” [86]. El presente estudio no pretende abarcar alternativas de solución basadas en impactos económico-sociales a pesar de haber reconocido la problemática mediante estos factores, pretende más bien ofrecer un punto de partida para una solución integral al problema de las inundaciones en el cantón Machala, proponiendo un tipo de estructura y evaluando su correcto funcionamiento en el caso de eventos extremos de precipitación.

Al realizar el análisis de las diferentes alternativas, se puede concluir que la más factible técnicamente, es la que brinde la máxima eficiencia hidráulica considerando aspectos prácticos constructivos, otro de los factores que comúnmente se considera es la facilidad de obtención del material a emplear pero, puesto que se analiza el caso de la cuenca urbana del canal El Macho, se asume que los materiales a emplear son de fácil obtención al estar rodeada la zona de canteras de material pétreo y contar la ciudad con vías de primer nivel.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN VIABLE PARA SU DISEÑO.

De las alternativas expuestas se elige la canalización del canal aplicando un recubrimiento en hormigón armado con una sección compuesta por dos trapecios encargados de conducir un caudal de aguas residuales y un caudal máximo de precipitación, este tipo de estructura presenta ventajas como la variedad de formas que se pueden construir con hormigón amado, además su alta resistencia a la erosión permite considerar grandes periodos de retorno en su diseño. Otra de las ventajas que presenta al ser un canal abierto es la facilidad con que se pueden efectuar trabajos de mantenimiento y limpieza; esto combinado con el hecho de poder elaborar proyectos arquitectónicos como malecones que fomenten el turismo o la práctica de deportes hacen de esta alternativa un proyecto con gran potencial. El diseño de sus características geométricas considerará variables como velocidades mínimas que eviten la acreción, pendiente del terreno, facilidad de construcción y espacio disponible en la zona. En **Capítulo 3**, se explicará que una forma trapezoidal es más eficiente en términos de velocidad y radio hidráulico que una sección rectangular y más fácil de construir que un canal de sección parabólica.

Tabla 10. Ventajas y desventajas de las alternativas de solución.

N°	Alternativa	Ventajas	Desventajas
1	Entubamiento o embaulamiento.	<p>Protección contra malos olores y enfermedades causados por la acumulación de basura en las orillas.</p> <p>Aprovechamiento del espacio.</p> <p>Disminución de accidentes por ahogamiento.</p> <p>Da continuidad a ejes viales.</p> <p>No requiere limpieza.</p>	<p>Pérdida de especies animales y vegetales riparias</p> <p>Posible obstrucción con materiales sólidos arrastrados por las crecidas.</p> <p>Mayor cantidad de materiales de construcción.</p> <p>Se requiere desviación del cauce para su construcción.</p> <p>Costo de construcción considerable.</p> <p>Se aconseja la incorporación de un desarenador para evitar la sedimentación en el interior del conducto.</p> <p>Estructura de difícil mantenimiento o reparación ante colapso.</p>
2	Desazolvado del canal. (canalización)	<p>Conservación del medio ambiente, especies riparias.</p> <p>Bajo costo.</p> <p>No requiere desviación del cauce.</p> <p>Se mantiene la infiltración del suelo natural.</p>	<p>Suelo erosionable.</p> <p>Proliferación de enfermedades a causa del depósito de basura en las orillas y puentes.</p> <p>Se debe realizar la limpieza del canal constantemente para evitar el crecimiento de especies riparias que provoquen estancamiento de las aguas o pérdida de velocidad del flujo.</p> <p>El talud está limitado al tipo de suelo en el canal.</p> <p>No presenta mayores ventajas hidráulicas.</p> <p>Difícilmente se puede mantener una sección constante.</p> <p>La infiltración provoca la desestabilización del suelo.</p>
Elaboración: Autor			

N°	Alternativa	Ventajas	Desventajas
3	Construcción de muro de gaviones (canalización)	<p>Estabilización de taludes con pendiente elevada.</p> <p>Resistente a la erosión.</p> <p>Estructura permeable, permite el drenaje natural.</p> <p>No precisan cimentación.</p>	<p>Presenta un coeficiente de rugosidad elevado.</p> <p>Periodo de vida útil de la estructura relativamente corto.</p> <p>Se requiere desviación del cauce para su construcción.</p> <p>Disminución de la velocidad máxima del flujo.</p> <p>Se consideran estructuras antiestéticas.</p> <p>No se aconsejan los muros de gaviones altos pues la malla puede romperse y colapsar toda la estructura.</p> <p>Costos elevados de mantenimiento.</p> <p>Requiere inspección periódica.</p>
4	Recubrimiento con hormigón armado (canalización)	<p>Minimiza las pérdidas de velocidad del flujo por rugosidad de las paredes.</p> <p>Se pueden construir secciones compuestas, eficientemente hidráulicas.</p> <p>Con un diseño adecuado se impide el asentamiento de sedimentos cuando el caudal es mínimo.</p> <p>Resistente a la erosión.</p> <p>No existe limitación en cuanto a pendiente lateral (talud).</p> <p>Fácil acceso al canal y limpieza de sólidos arrastrados por las crecidas.</p> <p>Las estructuras de hormigón armado presentan una elevada vida útil.</p> <p>Son estructuras estéticamente aceptadas.</p>	<p>Minimiza la infiltración.</p> <p>Se requiere desviación del cauce para su construcción.</p> <p>Costo de construcción considerable.</p> <p>Perdida de especies riparias.</p>
Elaboración: Autor			

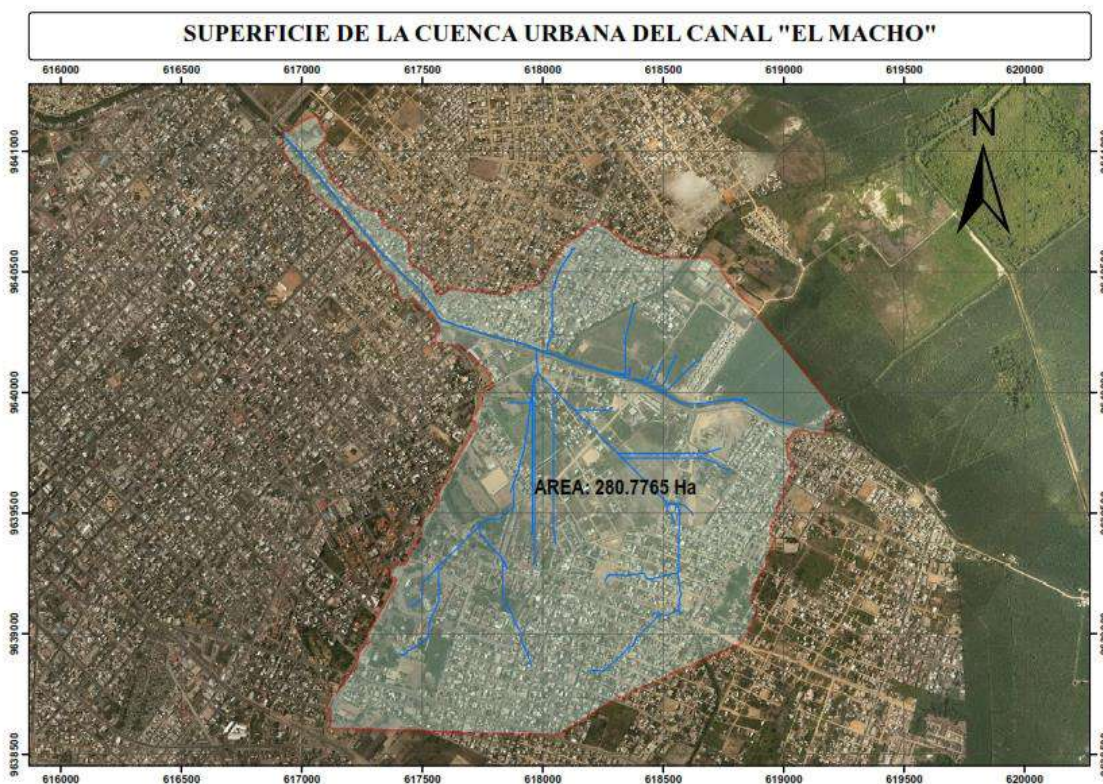
CAPÍTULO III

3.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.

3.1.1 Estudio de la cuenca urbana del canal “El Macho”

Los trabajos de topografía (altimetría y batimetría) y fotogrametría, permitieron conocer, a través de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y el procesamiento de datos en ARC-GIS, los parámetros generales y de relieve de la cuenca. Para determinar las diferentes pendientes en el lecho (Ilustración 11), se tomaron datos en cada uno de los puentes que unen las riberas del canal, denominados estratégicamente por el autor como: El Aguador, Juan Montalvo, Buenavista, Diez de Agosto, Los Vergeles, Leonor Aguilar e Isla Santa Ana.

Mapa 9. Delimitación de la cuenca urbana del canal “El Macho”.

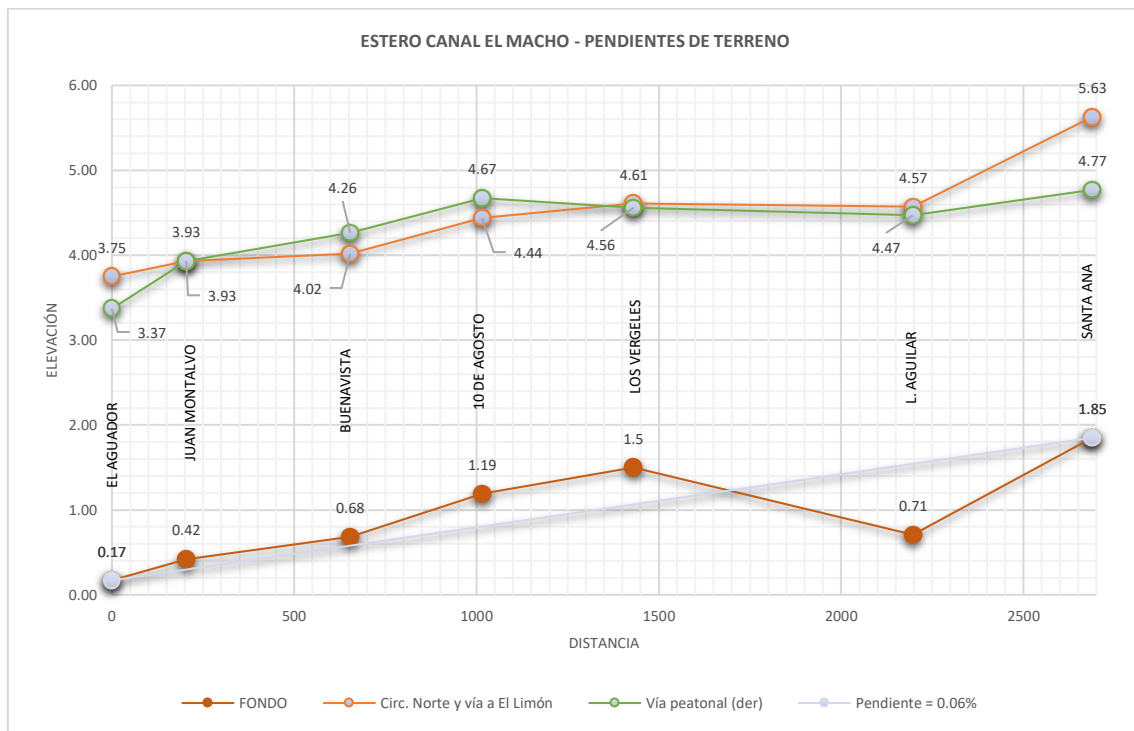


Elaboración: Joffre Cuenca, Christian Ramón.

Tabla 11: Parámetros generales de la cuenca del canal El Macho.

Elemento	Dimensión
Área (A)	280.77 ha
Longitud del cauce (L)	2689.194 m
Pendiente (S)	0.000625
Tipo de cuenca	Microcuenca
Elaboración: Autor	

Ilustración 11. Líneas de pendiente. Canal El Macho.



Se puede observar que el fondo del canal, desde El Aguador hasta la calle principal de Los Vergeles, presenta una pendiente promedio de 0.10%. Los tramos siguientes comprendidos entre la calle principal de Los Vergeles y la Urbanización Isla Santa Ana no presentan una variante uniforme, se aprecia una depresión que produce, cuando los caudales son mínimos, un estancamiento del agua y por ello mayor sedimentación, esto representa un crecimiento de vegetación más acelerado tal y como se refleja en los recorridos en el campo (Foto 10).

El eje longitudinal tiene una extensión aproximada de 2700 metros y un desnivel de 1.68 metros que significan una pendiente media de 0.06% del lecho del canal.

También se puede observar que las vías situadas en la margen izquierda del canal, es decir, Av. Édgar Córdova y vía a Limón, desde la calle Guayas hasta la calle principal

de Los Vergeles está ligeramente más baja que las vías de la margen derecha. En base a estas afirmaciones se podría argumentar que un rebose del canal en este tramo afectaría en primer lugar a la zona céntrica de la ciudad, sin embargo, al analizar la cuenca en conjunto se aprecia otra realidad.

Foto 10. Crecimiento de vegetación en el canal "El Macho"



Fuente: Autor. Ubicación: Puente sobre la vía principal de Los Vergeles, Machala.

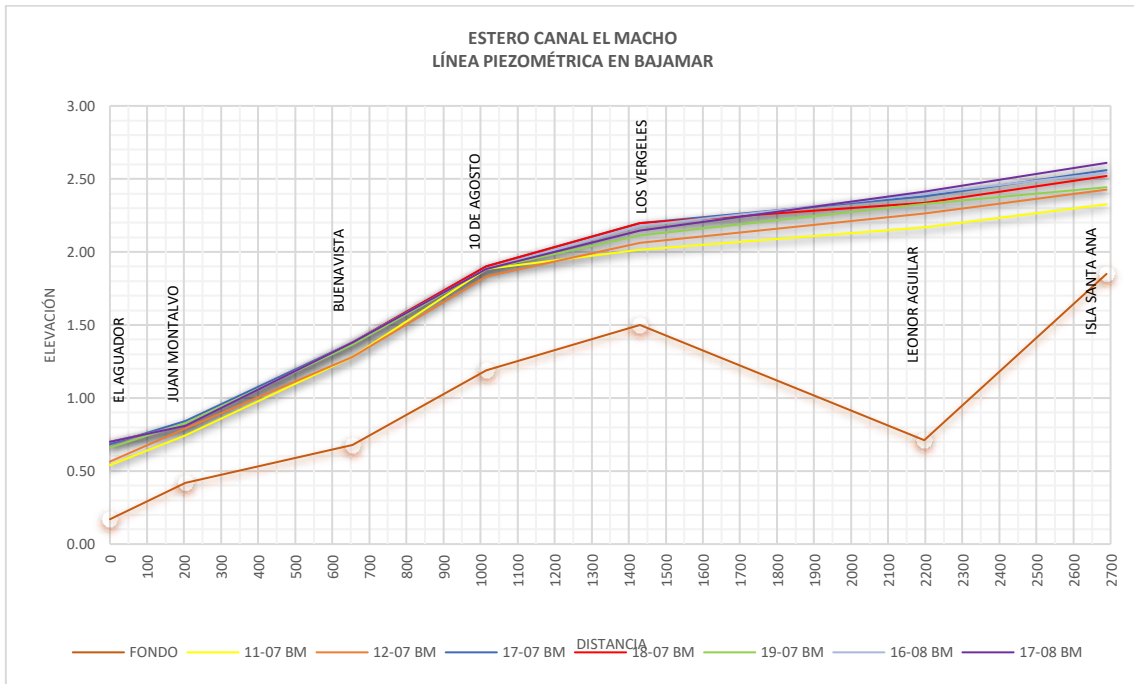
3.1.2 Determinación del caudal mediante aforos.

3.1.2.1 Línea piezométrica, incidencia de la marea en el canal El Macho.

Los resultados de los aforos realizados en El Aguador, Diez de Agosto e Isla Santa Ana han permitido determinar los caudales a considerar en el proyecto.

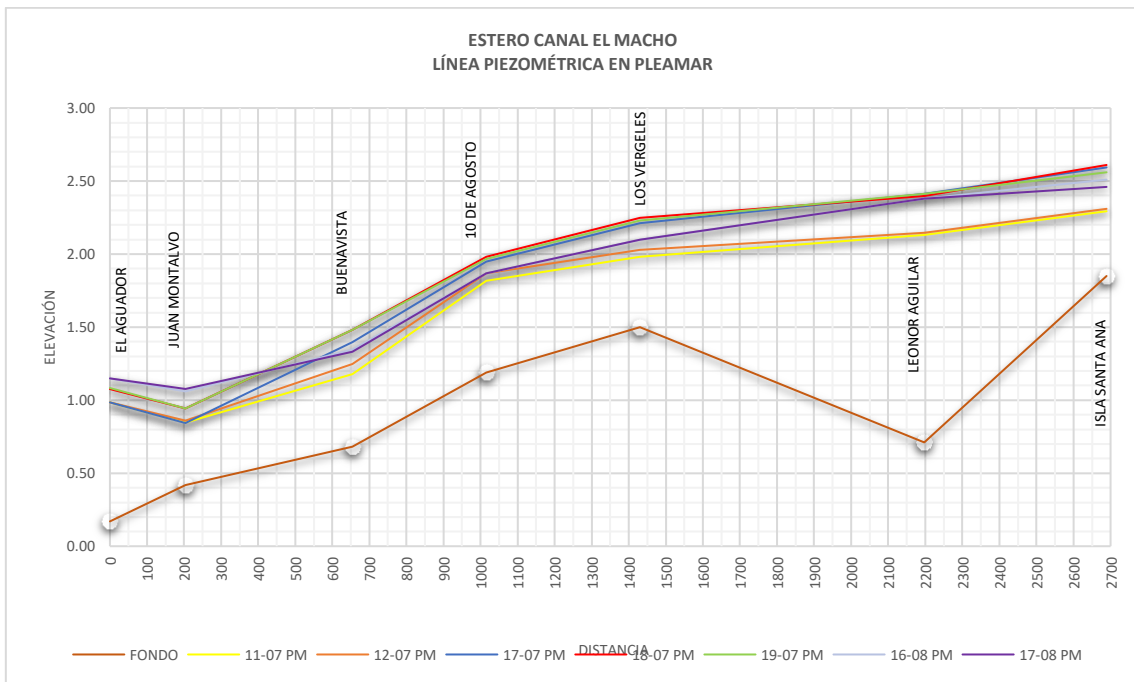
La ...**Ilustración 12**... muestra que, desde la calle Guayas (Redondel El Aguador) hasta la calle principal de Los Vergeles existe una pendiente media en el lecho de 0.10%, a partir de allí, hasta el puente ubicado en la Isla Santa Ana se aprecia una depresión que produce, cuando el caudal es mínimo, un estancamiento del agua que permite la sedimentación. Se puede observar, además, que en el puente de la calle Diez de Agosto la pendiente de la línea piezométrica sufre una alteración provocada por el estrechamiento de la sección transversal del cauce.

Ilustración 12. Línea piezométrica del canal El Macho en bajamar.



Elaboración: Autor

Ilustración 13. Línea piezométrica del canal El Macho en pleamar.



Elaboración: Autor.

En la ...**Ilustración 13**... se puede observar que la elevación de los niveles de agua por causa de la pleamar, en días donde no se registran precipitaciones, sólo tienen incidencia hasta las proximidades del puente ubicado en la calle Buenavista, no se puede afirmar que los niveles de agua superen este punto en otra época del año (se requiere un aforamiento del canal más continuo y con un mayor periodo de duración para emitir un criterio más preciso), sin embargo, gracias al estudio del terreno se puede aseverar que un aumento en los niveles de la marea que sobrepase una cota de 1.5 metros (según la cota referencial proporcionada por los BM del Instituto Geográfico Militar) provocaría que el canal trabaje de forma ahogada.

Foto 11. BP (base point, hito) ubicado en el puente junto al Monumento "El Aguador"



Los aforos, además, han llevado a concluir que los caudales máximos se registran en horas pico del día (08:00, 12:00 y 18:00 horas). Se pueden observar los diferentes resultados de los aforos en las ilustraciones de los **Anexos 5, 6 y 7**.

3.1.2.2 Cálculo de la velocidad media y caudal.

Una vez conocidas las secciones transversales y las alturas piezométricas, se procede a determinar la velocidad superficial según Mejía & Rosas [45], misma que se utilizará para obtener los caudales con la ecuación de la continuidad, propuesta en la sección ...**2.1.2.1**...

Para una mejor comprensión de los resultados se presentan las gráficas de las secciones, luego un resumen de las ecuaciones y finalmente una tabla de resultados por estación de aforo.

Secciones transversales del canal El Macho, durante la marea baja.

Ilustración 14. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: El Aguador

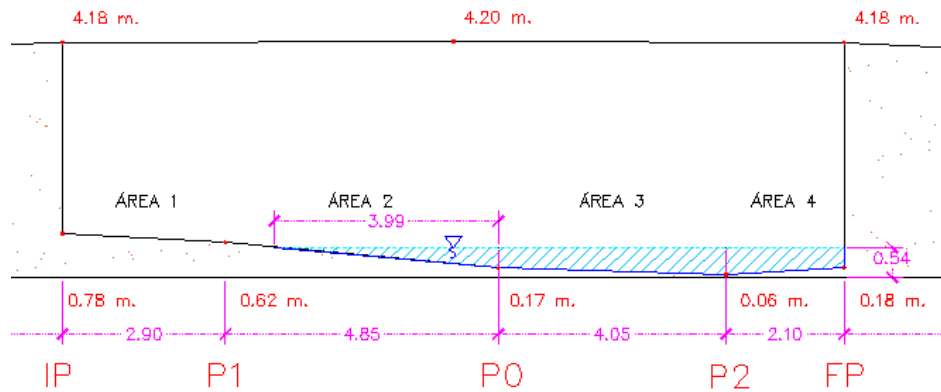


Ilustración 15. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: 10 de Agosto

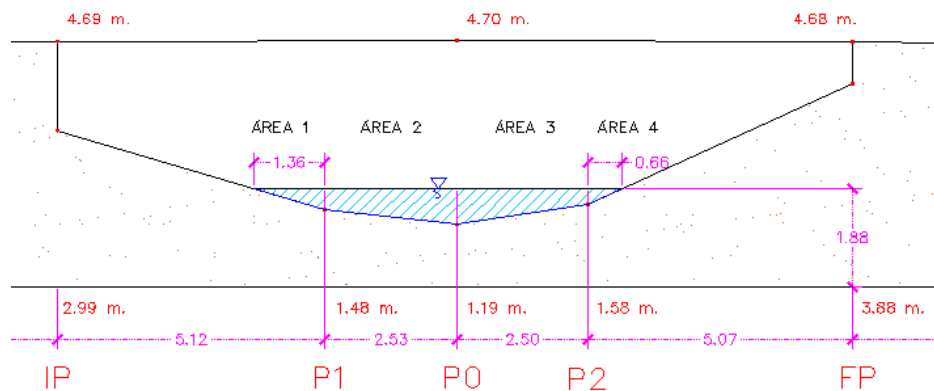
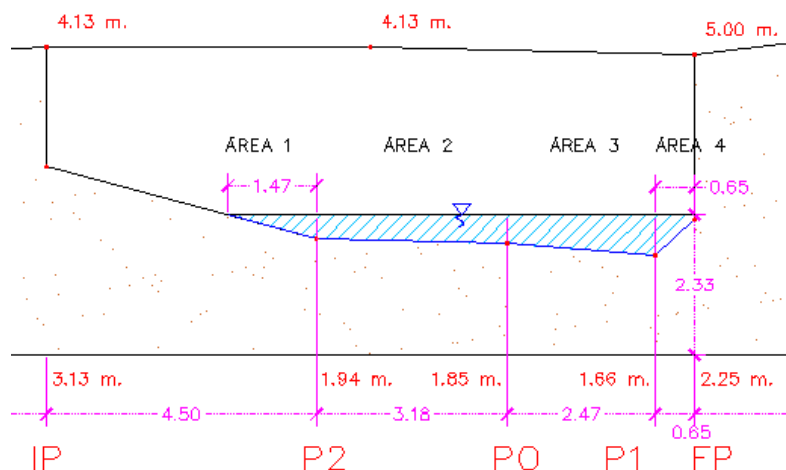


Ilustración 16. Sección transversal del canal El Macho BM. Ubicación: Isla Santa Ana



Secciones transversales del canal El Macho, durante la marea alta.

Ilustración 17: Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: El Aguador

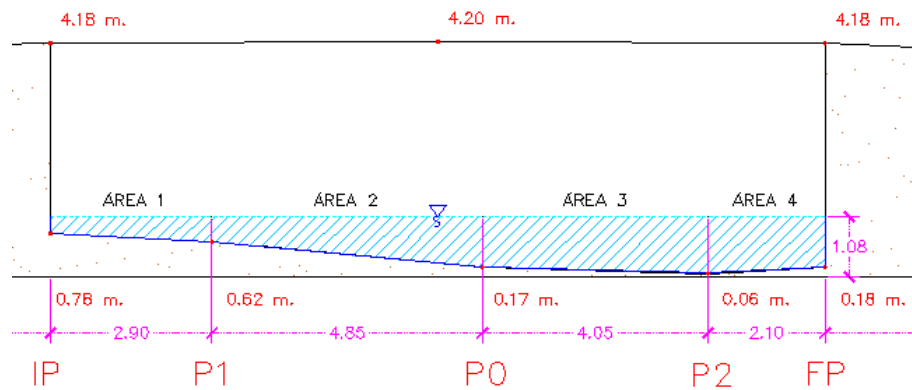


Ilustración 18. Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: 10 de Agosto

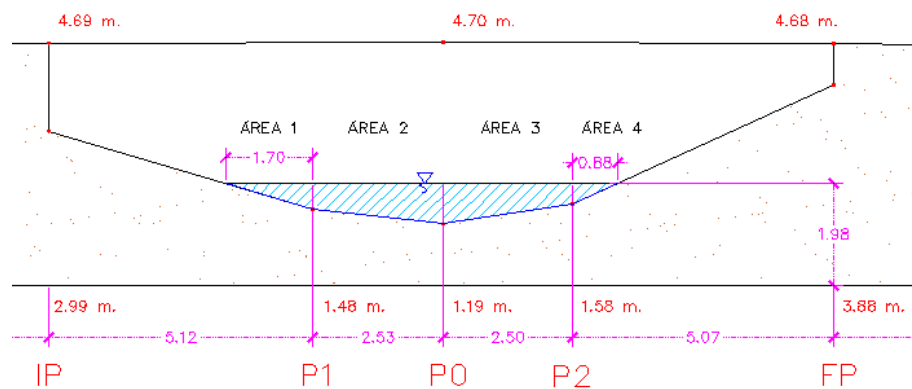
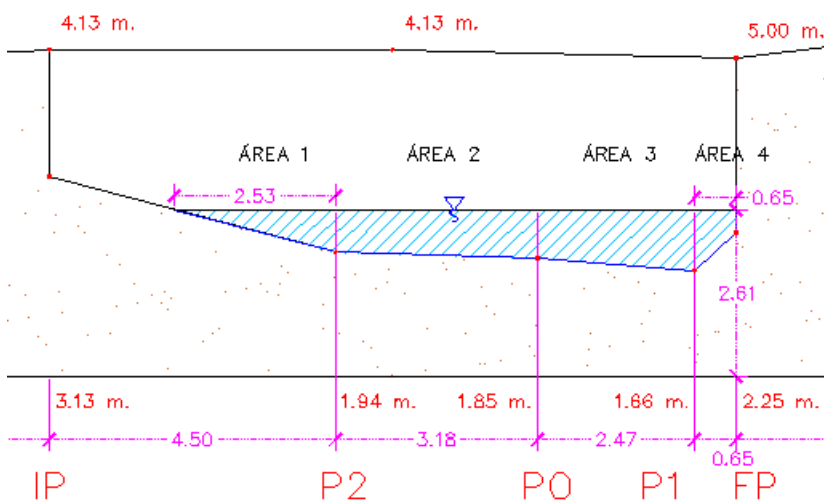


Ilustración 19. Sección transversal del canal El Macho PM. Ubicación: Isla Santa Ana



Ecuaciones para el cálculo de caudales.

De las secciones ...2.1.1... y ...2.1.2... se tiene:

- Área de sección transversal

$$A_{ST} = \sum A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

- Radio hidráulico

$$R = A / p$$

- Velocidad media

$$v_m = C \cdot v_s$$

- Caudal mínimo

$$Q = v \cdot A = v_m \cdot A_{ST}$$

3.1.2.3 Resumen de los resultados

Tabla 12. Resumen de resultados de los aforos.

Cálculo de caudal							
Estación de aforo	Vs	A	P	R	C	Vm	Q
	m/s	m ²	m	m	-	m/s	m ³ /s
BAJAMAR							
El Aguador	0.30	3.345	10.52	0.32	0.685	0.206	0.689
10 de Agosto	0.49	2.988	7.217	0.41	0.7012	0.344	1.028
Isla Santa Ana	0.16	3.334	8.13	0.41	0.7012	0.112	0.373
PLEAMAR							
El Aguador	0.40	10.348	15.128	0.68	0.755	0.302	3.125
10 de Agosto	0.56	3.721	7.813	0.48	0.73	0.409	1.522
Isla Santa Ana	0.11	5.66	9.517	0.59	0.73	0.08	0.453
Elaboración: Autor							

Los resultados de los aforos nos proporcionan los siguientes datos:

- Caudal mínimo de diseño 0.373 m³/s
- Caudal máximo en días que no presentan precipitaciones 3.125 m³/s

3.1.3 Diseño hidrológico.

Se obtendrán los caudales máximos de precipitación mediante la fórmula racional expresada en la sección ...2.1.3.1...

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A$$

3.1.3.1 Tiempo de concentración.

$$T_c = 0.02 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

$$T_c = 0.02 \left(\frac{2689.194}{\sqrt{0.000625}} \right)^{0.77}$$

$$T_c = 149.77 \text{ min} \approx 150 \text{ min}$$

3.1.3.2 Periodo de retorno

Aunque la normativa ecuatoriana determine que “la componente hidrológica del caudal ecológico considere la existencia de avenidas con frecuencias entre uno y dos años” [72], se usará un periodo de retorno de cinco años, acorde a lo que señala Juan Martín Vide [39] en su obra, ya que no se cuenta con datos más específicos de precipitaciones; y de 100 años para determinar la zona intensa de desagüe.

3.1.3.3 Coeficiente de escorrentía C.

Se seleccionan para los periodos entre 5 y 100 años. En función de la ocupación de los suelos se determina un coeficiente ponderado de escorrentía (Tabla 14).

Tabla 13. Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zona verde, condición pobre, pendiente plana 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Fuente: Ven Te Chow [57]							

Mapa 10. Uso de suelo en zonas aledañas al canal El Macho.



Elaboración: Joffre Cuenca, Christian Ramón.

Tabla 14. Resultados del coeficiente ponderado de ecorrentía.

Ocupación	Área (km2)	Coef. Escorrentía		C*A	
		5 años	100 años	5 años	100 años
Vía	0.750	0.77	0.95	0.578	0.713
Vivienda	1.599	0.80	0.97	1.279	1.551
Lote vacío	0.461	0.34	0.47	0.157	0.217
Total	2.810	Σ		2.013	2.481
Coeficiente ponderado de escorrentía				0.716	0.871
Elaboración: Autor					

3.1.3.4 Intensidad máxima de precipitación.

Se obtendrá las intensidades máximas de precipitación según la metodología propuesta por el INAMHI [59] mediante el uso de ecuaciones IDF definidas en la sección ...2.1.3.3... como:

$$I_{TR} = \frac{K \cdot Id_{TR}}{t^n}$$

Tabla 15. Ecuaciones IDF Estación M0072 Machala Aeropuerto

ESTACION		Intervalo de Tiempo	Ecuaciones IDF				
M0072	MACHALA AEROPUERTO	5 (min) < 30 (min)	$I_{TR} =$	43.085	$*t^{\wedge}$	-0.3912	$I_{d_{TR}}$
		30 (min) < 1440 (min)	$I_{TR} =$	94.664	$*t^{\wedge}$	-0.6276	$I_{d_{TR}}$

Fuente: INAMHI [59]

Considerando el tiempo de concentración calculado en ...3.1.3.1... se ha obtenido lo siguiente:

Tabla 16. Intensidades máximas de precipitación en el canal El Macho.

TR (años)	Idtr (mm/h)	Itr (mm/h)
		Tc=150min
5	4.01	16.354
10	4.64	18.923
25	5.37	21.9
50	5.88	23.98
100	6.37	25.978

Elaboración: Cuenca y Ramón

3.1.3.5 Cálculo de caudales

Tabla 17. Resumen del cálculo de caudales hidrológicos por el método racional.

Tipo de caudal	Tr	C	I	A	Q
	años	-	mm/h	ha	m ³ /s
Caudal ecológico*	5	0.716	16.354	280.77	9.132
Caudal de inundación	100	0.871	25.978	280.77	17.647

*Componente hidrológica

Elaboración: Autor

3.2 CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO

Se modelará una sección transversal acorde a las características técnicas recogidas en las secciones anteriores, considerando la baja pendiente que se presenta en la zona, el tipo de suelo del que están compuestas el fondo y taludes del cauce, velocidades máximas y mínimas permitidas para evitar la acreción y erosión, caudales, espacio disponible en planta y facilidad de construcción.

3.2.1 Bases de diseño.

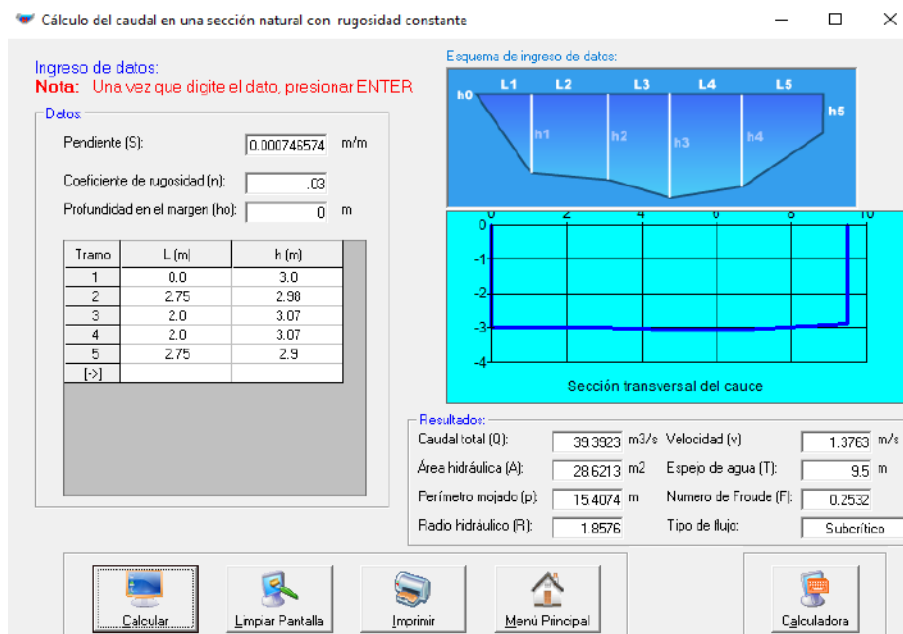
3.2.1.1 Velocidad permisible en terreno natural y selección del recubrimiento.

Se ha considerado un coeficiente según la tabla propuesta por Ven Te Chow, de "0.030 para corrientes en planicies limpias y rectas sin montículos ni pozos" [34]. El uso de un coeficiente ponderado de rugosidad incrementaría su valor y disminuiría la velocidad del flujo según las características del canal, sin embargo, se sabe que se realizan desazolves periódicos para evitar las obstrucciones en el flujo.

"La velocidad mínima para evitar el azolvamiento en los canales de tierra se recomienda sea de 0.40 m/s, mientras la máxima permisible para evitar la erosión en el fondo y los taludes deberá ser de 0.85 m/s" [87].

Se ha tomado la sección transversal bajo el puente de la calle principal de Los Vergeles para determinar si su caudal admisible está dentro de los límites de diseño, y si la velocidad que el flujo llegaría a alcanzar puede llegar a producir erosión en los taludes.

Ilustración 20. Sección transversal "El Macho" en HEC-RAS



Como se puede apreciar, el canal trabajando a su máxima capacidad supera la velocidad máxima permisible, aún sin tomar en cuenta el caudal sólido, además al ser muy ancho, cuando las aguas bajan las velocidades también lo hacen a niveles donde

se produce la sedimentación. Se procede entonces a modelar un canal no erosionable, revestido de hormigón armado.

“En canales no erosionables, una velocidad media no inferior a 0.76 m/s prevendrá el crecimiento de vegetación que puede disminuir seriamente la capacidad de transporte del canal” [87].

3.2.1.2 Periodo de retorno.

De la sección ...2.1.4.1... considerando la estructura a modelar como una obra de defensa ribereña, se calcula un periodo de retorno de 139.2 años, sin embargo no se cuenta con los datos suficientes para el cálculo de este caudal, se tomará en cuenta entonces, el criterio de Martín Vide que señala “para obras de encauzamiento un periodo de retorno de entre 50 y 100 años” [39].

3.2.1.3 Componentes del caudal de proyecto.

Se tomarán en consideración los caudales presentados en las secciones ...3.1.2.3... y ...3.1.3.5... resumidos a continuación:

- Caudal mínimo de diseño: 0.373 m³/s
- Caudal de aguas bajas: 3.125 m³/s
- Caudal hidrológico (aguas altas): 9.132 m³/s
- Caudal máximo de precipitación para un periodo de retorno de 100 años: 17.647 m³/s

En base a la información obtenida se propone una sección de geometría compuesta que encauce, por una parte, un caudal dominante formado por los caudales de aguas altas y bajas; y por otra, la suma del caudal dominante más el de avenida (Tr=100 años).

3.2.1.4 Borde libre.

“Para canales con revestimiento el bordo libre puede ser la quinta parte del tirante. También puede determinarse en función del caudal con 30 cm. para caudales menores que 0.5 m³/s y 40 cm. para superiores” [33].

3.2.1.5 Alineamiento.

En el alineamiento se ha suprimido curvas continuas y de grados elevados de curvatura, en general se ha considerado radios con una relación de 5 a 8 veces el ancho del canal. En el **Anexo 8** puede observar en detalle una tabla de elementos de curvas.

3.2.2 Cálculo de la sección transversal.

“La sección transversal del canal es un elemento importante en la gestión del agua” [88] Puesto que el canal “El Macho” cumple múltiples funciones como: drenaje de aguas lluvias, conducción de aguas residuales y abastecimiento de aguas de riego; considerando la variabilidad climática de la zona y las restricciones que presenta una topografía casi plana, se propone para el diseño una sección compuesta por dos formas geométricas seleccionadas por su facilidad de construcción como lo son los trapecios. El primero de ellos, de menor área y radio hidráulico, conducirá las aguas residuales y los restos de las destinadas al riego; la estructura completa será capaz de transportar a más del gasto antes mencionado, un caudal propio de una avenida con un periodo de retorno de 100 años.

Para obtener resultados con mayor rapidez se hará uso de la herramienta “Solver” en la aplicación Excel del paquete informático de Microsoft Office.

3.2.2.1 Cálculo de la sección inferior

Datos:

Caudal	Q_1	3.2 m ³ /s
Coeficiente de rugosidad	n	0.013
Pendiente longitudinal	S	0.0006 m/m
Aceleración de la gravedad	g	9.81 m/s ²
Talud para máxima eficiencia hidráulica	z	3 ^{-1/2}

Cálculos según la máxima eficiencia hidráulica.

- Ecuación para determinar el tirante, según la máxima eficiencia hidráulica de un canal trapezoidal.

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

$$\frac{Q \cdot n}{s^{1/2}} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

$$\frac{Q \cdot n}{s^{1/2}} = \frac{\left[y^2 (2\sqrt{1+Z^2} - Z) \right]^{5/3}}{\left[2y(2\sqrt{1+Z^2} - Z) \right]^{2/3}}$$

Tabla 18. Resultados de características hidráulicas de la sección inferior del canal, según su máxima eficiencia hidráulica.

Elemento		Valor	Unidad
Talud	z ₁	3 ^{-1/2}	-
Tirante	y ₁	1.180	m
Perímetro mojado	P ₁	4.089	m
Radio hidráulico	Rh ₁	0.590	m
Velocidad	v ₁	1.326	m/s
Energía específica	E ₁	1.270	m*Kg/Kg
Solera	b ₁	1.363	m
Área hidráulica	A ₁	2.414	m ²
Espejo de agua	T ₁	2.726	m
Número de Froude y régimen del flujo	F ₁	0.450	SUBCRÍTICO
Número de Reynolds y estado del flujo	Re ₁	767194	TURBULENTO
Elaboración: Autor			

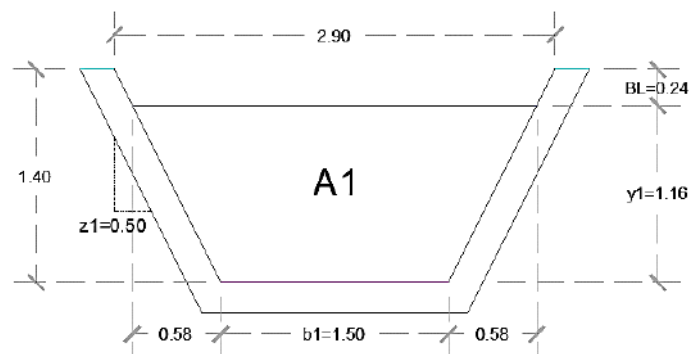
Cálculos para un tirante normal.

Tabla 19. Resultados de características hidráulicas de la sección inferior del canal, definidos base de solera y talud.

Elemento		Valor	Unidad
Solera	b ₁	1.500	m
Talud	z ₁	0.5	-
Altura total	H ₁	1.400	m
Borde libre	BL ₁	0.239	m
Tirante	y ₁	1.161	m

Elemento		Valor	Unidad
Área hidráulica	A_1	2.415	m^2
Perímetro mojado	P_1	4.096	m
Radio hidráulico	Rh_1	0.590	m
Velocidad	v_1	1.325	m/s
Energía específica	E_1	1.250	$m \cdot Kg/Kg$
Espejo de agua	T_1	2.661	m
Número de Froude y régimen del flujo	F_1	0.444	SUBCRÍTICO
Número de Reynolds y estado del flujo	TF_1	765963	TURBULENTO
Elaboración: Autor			

Ilustración 21. Sección inferior tipo.



Elaboración: Autor

3.2.2.2 Cálculo de la sección superior.

Para determinar las dimensiones de la sección superior, se tomará en cuenta los valores del canal inferior, se dividirá toda la geometría en tres bandas verticales y se determinarán las ecuaciones en función del tirante (Ver Ilustración 22).

Datos:

Caudal	Q_2	20.77	m^3/s
Coeficiente de rugosidad	n	0.013	-
Pendiente longitudinal	S	0.0006	m/m
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s^2
Altura sección inferior	H_1	1.40	m

Base de solera 2	b_2	5	m
Talud 2	z_2	0.5	-

Ecuaciones para el cálculo de la sección superior.

$$Q_2 = Q_1' + Q_2' + Q_3'$$

Para la franja 1' se tiene:

$$Q_1' = \frac{1}{n_1} (A_1')^{5/3} (P_1')^{-2/3} S_1^{1/2}$$

$$A_1' = (b_1 + z_1 H_1) H_1 + (b_1 + 2z_1 H_1) y_2$$

$$P_1' = b_1 + 2H_1 \sqrt{1 + z_1^2}$$

Para la franja 2' se tiene:

$$Q_2' = \frac{1}{n_2} (A_2')^{5/3} (P_2')^{-2/3} S_2^{1/2}$$

$$A_2' = \frac{1}{2} (z_2 y_2 + b_2 - b_1) y_2$$

$$P_2' = \frac{b_2 - b_1}{2} + y_2 \sqrt{1 + z_2^2}$$

Como se observa, las franjas 2' y 3' tienen la misma geometría, el coeficiente de rugosidad y la pendiente son constantes en todo el canal; y se ha propuesto valores para la base de la solera y el talud tomando en consideración el bajo relieve del terreno, se tiene:

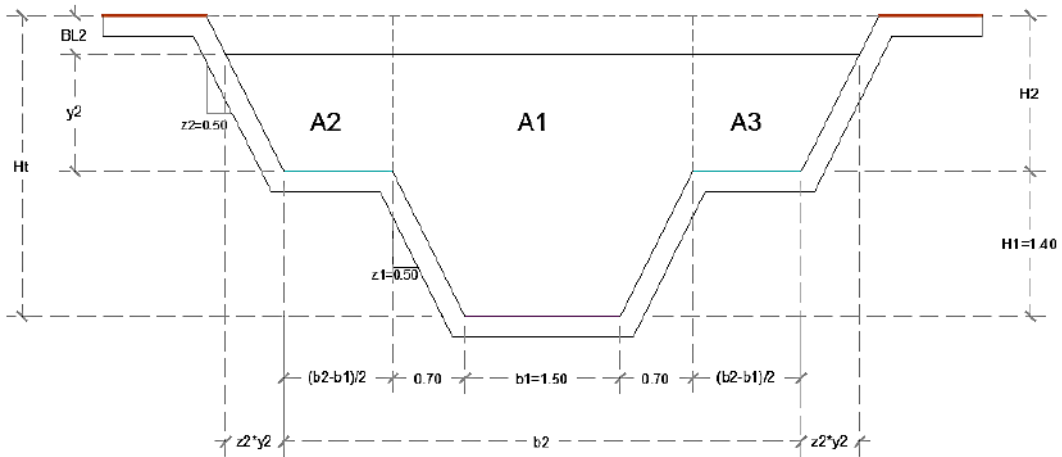
$$Q_2 = Q_1' + 2Q_2'$$

$$Q_2 = \frac{1}{n} S^{1/2} \left[(A_1')^{5/3} (P_1')^{-2/3} + 2(A_2')^{5/3} (P_2')^{-2/3} \right]$$

Luego, mediante el uso de hojas de cálculo se determina que el valor de y_2 en metros, para los parámetros descritos es de:

$$y_2 = 1.126 \text{ m}$$

Ilustración 22. Sección transversal compuesta tipo.



Elaboración: Autor

“La velocidad media para la sección transversal completa del canal, es igual al caudal total dividido por el área mojada total” [34]. Las demás variables hidráulicas se calculan mediante las ecuaciones para un flujo uniforme resumidas en la sección ...2.1.1...

Tabla 20. Resultados de características hidráulicas de la sección compuesta del canal, definidos el caudal, la altura total y los taludes laterales.

Elemento		Valor	Unidad
Caudal	Q_2	20.772	m^3/s
Altura total de la sección tipo	H_2	2.900	m
Borde libre	BL_2	0.374	m
Tirante normal	y_2+y_1	2.526	m
Perímetro mojado	P_2	7.116	m
Radio hidráulico	Rh_2	1.342	m
Velocidad	v_2	2.174	m/s
Energía específica	E_2	2.767	$m \cdot Kg/Kg$
Área hidráulica	A_2	9.553	m^2
Espejo de agua	T_2	6.126	m
Número de Froude y régimen del flujo	F_2	0.460	SUB CRÍTICO
Número de Reynolds y estado del flujo	Re	2861637.546	TURBULENTO
Elaboración: Autor			

3.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

3.3.1 Datos generales de diseño:

Resistencia a la compresión del hormigón	f'c	21.00	MPa
Módulo de elasticidad del acero	fy	420.00	MPa
Peso específico de hormigón armado	γc	24.00	KN/m ³
Ancho de la franja de diseño	A	1.00	m
Peso específico del agua	γa	1000	Kg/mm ³
Peso específico del agua	γa	9.81	KN/m ³
Cuantía mínima	ρ min	0.0033	
Cuantía máxima	ρ max	0.0155	

3.3.2 Proceso de cálculo.

3.3.2.1 Diseño de losa inferior.

Datos específicos de diseño.

Recubrimiento	20.00	mm
Espesor	0.25	m
Peso de la losa	12.60	KN
Peso del agua	72.54	KN
Longitud (L)	1.50	m

Desarrollo.

- Carga distribuida de diseño

$$W = \frac{12.60 \text{ KN} + 72.54 \text{ KN}}{1.5 \text{ m}} = 56.76 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

- Momento último

$$M = \frac{WL^2}{8} = 15.96 \text{ KN} * \text{m}$$

- Peralte efectivo

$$d = E_1 * 1000 - r - \frac{\emptyset}{2} = 223.00 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo.

- Acero calculado

$$A_{S \text{ calculado}} = \rho * d * E_1 = 743.33 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 5 \text{ } \emptyset 14 \text{ mm} \Rightarrow 769.69 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{3} > 0.20 \text{ m}$$

Acero por retracción y temperatura.

- Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0.0018$$

- Acero calculado

$$A_S \text{ calculado} = \rho * d * A = 450.00 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 6 \text{ } \emptyset 10 \text{ mm} \Rightarrow 471.24 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{6} > 0.17 \text{ m}$$

3.3.2.2 Diseño de losa intermedia.

Datos específicos de diseño.

Recubrimiento	20.00	mm
Espesor	0.20	m
Peso de la losa	7.06	KN
Peso del agua	50.78	KN
Longitud (L)	1.05	m

Desarrollo.

- Carga distribuida de diseño

$$W = \frac{7.06 \text{ KN} + 50.78 \text{ KN}}{1.05 \text{ m}} = 55.08 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

- Momento

$$M = \frac{WL^2}{8} = 7.59 \text{ KN} * \text{m}$$

- Peralte efectivo

$$d = E_2 * 1000 - r - \frac{\emptyset}{2} = 173.00 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo

- Acero calculado

$$A_S \text{ calculado} = \rho * d * E_2 = 576.67 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 5 \text{ } \emptyset 14 \text{ mm} \Rightarrow 769.69 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{5} > 0.20 \text{ m}$$

Acero por retracción y temperatura

- Cuantía mínima

$$\rho_{min} = 0,0018$$

- Acero calculado

$$A_S \text{ calculado} = \rho * d * A = 360.00 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 5 \text{ } \emptyset 10 \text{ mm} \Rightarrow 392,70 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{5} > 0.20 \text{ m}$$

3.3.2.3 Diseño de pared inferior.

Datos específicos de diseño.

Recubrimiento	20.00 mm
Espesor	0.20 m
Peso de la losa	10.55 KN
Longitud (L)	1.57 m

Desarrollo.

- Carga distribuida para P1

$$W = \frac{10.52 \text{ KN}}{1.5 \text{ m}} = 6.72 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

- Momento

$$M = \frac{WL^2}{8} + \frac{P_2L}{3} = 23.39 \text{ KN} * \text{m}$$

- Peralte efectivo

$$d = E_3 * 1000 - r - \frac{\emptyset}{2} = 174.00 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo.

- Acero calculado

$$A_S \text{ calculado} = \rho * d * E_3 = 580.00 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 6 \emptyset 12 \text{ mm} \Rightarrow 678.58 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{6} > 0.17 \text{ m}$$

Acero por retracción y temperatura.

- Igual que losa intermedia.

3.3.2.4 Diseño de pared superior.

Datos específicos de diseño.

Recubrimiento	20.00 mm
Espesor	0.20 m
Peso de la losa	10.55 KN
Longitud (L)	1.57 m

Desarrollo.

- Carga distribuida para P1

$$W = \frac{10.52 \text{ KN}}{1.5 \text{ m}} = 6.72 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

- Momento

$$M = \frac{WL^2}{8} + \frac{P_2L}{3} = 28.29 \text{ KN} * \text{m}$$

- Peralte efectivo

$$d = E_4 * 1000 - r - \frac{\emptyset}{2} = 174.00 \text{ mm}$$

Acero de refuerzo.

- Acero calculado

$$A_S \text{ calculado} = \rho * d * E_4 = 460,53 \text{ mm}^2$$

- Acero propuesto

$$A_S = 6 \emptyset 12 \text{ mm} \Rightarrow 678.58 \text{ mm}^2$$

- Separación

$$S = \frac{A}{6} > 0.17 \text{ m}$$

Acero por retracción y temperatura

- Igual que losa intermedia.

Puede observar los detalles de la estructura en el **Anexo 9**.

3.4 PRESUPUESTO REFERENCIAL

3.4.1 Estructura del presupuesto

Se detalla a continuación, la estructura básica del presupuesto referencial.

$$\text{Costo total} = \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}$$

- a) Costos directos
 - Equipo.
 - Mano de obra.
 - Materiales.
 - Transporte.
- b) Costos indirectos (en función del porcentaje del costo directo)
 - Administración central 5.0 %
 - Administración de campo 1.3 %
 - Imprevistos 0.1 %
 - Utilidades 5.0 %
 - Fiscalización 5.0 %
 - Impuestos y obligaciones 1.9%

Además, se debe considerar la construcción de obras complementarias como la construcción de nuevos puentes vehiculares en las 6 calles donde actualmente se hallan construidos.

3.4.2 Detalle del presupuesto referencial de la obra.

Tabla 21. Detalle del presupuesto referencial de la obra.

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Limpieza y desbroce	m2	44295.65	\$ 1.05	\$ 46 510.44
2	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m2	44295.65	\$ 1.46	\$ 64 671.65
3	Excavación sin clasificar a máquina 0 - 2.75 m	m3	662.42	\$ 2.95	\$ 1 954.14
4	Excavación mecánica en material limoso	m3	16778.66	\$ 9.99	\$ 167 618.78
5	Desalojo de material cargado a máquina distancia < 6 km	m3	662.42	\$ 2.24	\$ 1 483.82

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
6	Mejoramiento con piedra bola (suministro y colocación)	m3	16778.66	\$ 22.60	\$ 379 197.63
7	Relleno compactado con material mejoramiento diámetro <4"	m3	136067.15	\$ 15.22	\$ 2 070 942.02
8	Cámara central (1.60x1.60x2.00) incluye tapa y marco de hierro fundido (suministro y colocación)	u	45.00	\$ 1,287.05	\$ 57 917.25
9	Hormigón simple en replantillo f'c= 140 kg/cm2	m3	1675.80	\$ 115.97	\$ 194 342.35
10	Hormigón Simple 210 kg/cm2	m3	6488.37	\$ 130.89	\$ 849 263.21
11	Acero de refuerzo (suministro, corte, doblaje y armado)	kg	221209.80	\$ 1.29	\$ 285 360.65
12	Replanteo y nivelación con equipo topográfico lineal para tuberías =>200mm de diámetro	m	2684.59	\$ 1.46	\$ 3 919.49
13	Excavación mecánica 0 - 2 m. para tubería de alcantarillado de aguas lluvias y residuales	m3	16107.51	\$ 3.10	\$ 49 933.28
14	Excavación mecánica en material limoso para tubería de alcantarillado	m3	15302.13	\$ 10.81	\$ 165 416.07
15	Colchón y recubrimiento de Arena (suministro y colocación)	m3	11123.21	\$ 11.42	\$ 127 027.06
16	Tubería de 1200 mm. para alcantarillado pluvial (suministro e instalación)	m3	2684.59	\$ 663.70	\$ 1 781 759.06
17	Tubería de 450 mm. para alcantarillado sanitario		2684.59	\$ 95.61	\$ 256 673.17
18	Relleno compactado con material mejoramiento diámetro <4" en zanja de tub.alc.	m3	16912.89	\$ 6.97	\$ 117 882.81
19	Charla de concientización ambiental	u	6.00	\$ 22.81	\$ 136.86
20	Mensajes radiales	u	30.00	\$ 18.00	\$ 540.00
21	Mensajes por periódicos locales	u	10.00	\$ 90.00	\$ 900.00
22	Señal obras móviles, hombres trabajando	u	10.00	\$ 141.90	\$ 1 419.00
23	Paso peatonal de madera para zanjas (suministro y colocación)	u	4.00	\$ 28.38	\$ 113.52
24	Cinta de peligro en zanja para tuberías de agua potable y alcantarillado	m	1000.00	\$ 0.24	\$ 240.00
25	Agua para control del polvo	m3	250.00	\$ 1.38	\$ 345.00
26	Letrero Identificación de obra 2.00 x 3.50 ml., suministro e instalación	u	3.00	\$ 654.11	\$ 1 962.33
27	Limpieza y desalojo final de obra	m2	44295.65	\$ 1.30	\$ 57 584.35
COSTO DIRECTO					\$ 6 685 113.95
COSTO INDIRECTO 18.3%					\$ 1 223 375.85
TOTAL, PRESUPUESTO REFERENCIAL					\$ 7 908 489.80

3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.5.1 CONCLUSIONES

- El estudio del terreno mediante el procesamiento de imágenes y levantamiento topográfico sugiere que el diseño de la estructura de encauzamiento sea de tres metros de altura, pues la elevación promedio de la zona urbana ronda los 4.5 msnm con una pendiente casi plana de 0.06% y el nivel medio de las aguas en el canal no desciende a menos de 1.0 m, un diseño que supere estos niveles se consideraría inútil pues los sistemas de alcantarillado de la ciudad colapsarían. Por lo tanto, un aumento en los caudales de diseño del presente proyecto implicaría también un incremento en el ancho del canal, luego, este incremento disminuiría la velocidad media del flujo.
- El fenómeno océano atmosférico y climático “El Niño” se presenta cada año con aumento de temperaturas que provocan eventos extremos de precipitaciones. Se han calculado caudales máximos de precipitación, para periodos de retorno de cinco y cien años de 9.132 m³/s y 17.647 m³/s respectivamente.
- Los trabajos de aforo realizados en el canal han permitido determinar, en días en que no se han registrado precipitaciones: un caudal mínimo aguas arriba en la estación de aforo “Isla Santa Inés” de 0.373 m³/s y un caudal máximo aguas abajo en la estación Monumento “El Aguador” de 3.125 m³/s. Los caudales máximos del canal, se producen en horas en las que culturalmente la mayor parte de la población ingiere sus alimentos, esto es entre las 06:00-08:00, 11:00-13:00 y las 17:00-19:00. El nivel de la marea, en época de estiaje, influye en los niveles de agua del canal sólo hasta la calle Buenavista, a partir de allí los niveles del terreno superan a los del océano.
- Para la mitigación del riesgo por inundación, se propone una sección compuesta de dos trapecios revestida con hormigón armado de 21 MPa, que cuenta con una altura máxima de 3.15 m (incluye espesor de la losa) y un ancho total de 6.50 m. (no incluye las coronas del canal), cuya capacidad de conducción del flujo es de 20.772 m³/s a una velocidad media de 2.174 m/s adecuada para evitar la erosión de sus paredes y la sedimentación, adicionalmente se propone la construcción de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial adyacentes al canal que evitarían el colapso en la zona céntrica de la ciudad.

- El costo referencial de la obra (canal + sistemas de alcantarillado) es de 7'908.489,80 dólares americanos (USD).

3.5.2 RECOMENDACIONES

- Como se ha indicado en la literatura, la mitigación del riesgo por inundación implica tanto medidas estructurales como no estructurales, la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua con materiales sólidos y la recuperación de las márgenes del canal significarían una mejora de la calidad ambiental y social de los pobladores de la zona.
- El presente proyecto abarca sólo aspectos técnicos, se debe verificar la viabilidad de las medidas estructurales propuestas, considerando criterios sociales, económicos y ambientales; asociados con la gestión del riesgo de inundación, como lo indican Chitsaz y Banihabib [89].
- La realización de aforos con molinete u otro instrumento informatizado, proporcionaría datos más precisos sobre la velocidad media del canal y de sus caudales.
- Un control diario, continuo y simultáneo, de los niveles de agua en el canal y en las orillas del océano en época lluviosa, permitiría determinar la incidencia de la pleamar y bajamar en las inundaciones definitivamente.
- El estudio de la red de alcantarillado para determinar el área y los caudales de aportación, de las cuencas adyacentes a la analizada, podrían significar un aumento en los caudales de diseño y por lo tanto una modificación de la geometría de la sección.
- Se hace necesario un estudio del suelo para determinar la fuerza de empuje del terreno sobre la estructura, y los niveles de excavación para el mejoramiento del suelo previo al proceso de construcción.
- Se debe considerar el arrastre de sólidos en avenidas pues podría repercutir en su capacidad de desagüe de la estructura, como lo indican *Bladé et al* [66], aunque algunos programas de simulación ya incluyen este tipo de variable, sus efectos aún tienen un grado de incertidumbre.
- El diseño de un desarenador de autolavado, complementarían el presente estudio, pues mediante esta estructura se disminuirían los efectos de la acreción.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. D. Marín Gallego, «Fundamentación epistemológica para la investigación pedagógica,» *Itinerario Educativo*, vol. 23, nº 54, pp. 23 - 48, 2009.
- [2] F. Magdaleno, «Las riberas fluviales,» *Ambienta*, vol. 104, pp. 90-101, 2013.
- [3] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, Inundaciones urbanas y cambio climático: Recomendaciones para la gestión., Buenos Aires, 2015.
- [4] R. Waghwalá y P. Agnihotri, «Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. En edición, 2019.
- [5] R. E. Hernández Uribe, H. Barrios Piña y A. Ramírez, «Análisis de riesgo por inundación. Metodología y aplicación de la cuenca Atemajac,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 8, nº 3, pp. 5 - 25, 2017.
- [6] Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, «Inundaciones (Versión Electrónica),» 2019. [En línea]. Available: <https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>. [Último acceso: 01 05 2019].
- [7] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, «Report on Human cost of Natural Disasters. A global perspective.,» Bruselas, 2015.
- [8] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters CRED, «Disasters 2018: Year in Review,» 2018.
- [9] FAO, «En tierra segura: ECUADOR».
- [10] S. Serrano Vincenti, A. Reisancho Puetate, R. Lizano Acevedo, A. Stewart Ibarra y M. Borbor Córdova, «Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala,» *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 24, nº 2, 2016.

- [11] Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, «Informe de situación - Época lluviosa No. 133,» 2019.
- [12] «Intensa lluvia volvió a despertar El Macho,» *La Hora*, 20 03 2010.
- [13] F. Macas, «Sigue riesgo de inundaciones en Machala debido a lluvias.,» *El Universo*, 02 03 2010.
- [14] «Inundaciones en Machala,» *La Hora*, 21 01 2011.
- [15] «Intensa lluvia en Machala causó inundación en varios sectores.,» *El Universo*, 30 01 2016.
- [16] J. C. Mestanza, «Machala inundada luego de torrencial aguacero.,» *El Comercio*, 16 02 2016.
- [17] F. Macas, «Ciudadela fué evacuada en Machala por desbordamiento canal El Macho.,» *El Universo*, 26 02 2016.
- [18] «Familias del norte de Machala son evacuadas por desbordamiento del canal 'El Macho',» *El Telégrafo*, 26 02 2016.
- [19] «Ecuavisa,» 11 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/228786-fuerte-lluvia-machala-causa-danos-congestionamiento-vehicular>. [Último acceso: 14 07 2019].
- [20] Regional Sur El Telégrafo, «Fuerte lluvia con tormenta eléctrica inundó varios sectores de Machala.,» *El Telégrafo*, 22 03 2017. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/fuerte-lluvia-con-tormenta-electrica-inundo-varios-sectores-de-machala>. [Último acceso: 15 07 2019].
- [21] «Fuerte lluvia evidencia problemas al norte y sur de Machala,» *Machala Móvil Diario Digital*, 07 01 2019.
- [22] L. Reyes, «16 planteles suspenden clases en El Oro tras lluvia,» *El Correo*, 09 01 2019.

- [23] «Centro Zonal ECU-911 Machala,» Gobierno de la República del Ecuador, [En línea]. Available: <https://www.ecu911.gob.ec>. [Último acceso: 14 07 2019].
- [24] «Ministerio de Inclusión y Economía Social MIES,» Gobierno de la República del Ecuador, [En línea]. Available: <https://www.inclusion.gob.ec/en-el-oro-126-personas-evacuadas-por-inundaciones-fueron-ubicadas-en-albergues-y-casas-de-acogida/>. [Último acceso: 14 07 2019].
- [25] «Ministerio del Interior,» Gobierno de la República del Ecuador, [En línea]. Available: <https://www.ministeriointerior.gob.ec/damnificados-por-inundaciones-reciben-respaldo-de-la-institucion-policial-en-el-oro/>. [Último acceso: 14 07 2019].
- [26] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala, «Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Machala. Actualización 2018.,» Machala, 2018.
- [27] F. Hoyos Patiño, «Diccionario de geomorfología,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/37145616/DICCIONARIO_DE_GEOMORFOLOGIA. [Último acceso: 22 07 2019].
- [28] W. García, Y. Suárez y E. Herbas, «Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia),» *Acta Nova*, vol. 8, nº 2, 2017.
- [29] A. Asmat, S. Mansor, N. Saadatkah, N. A. Adman y Z. Khuzaimah, «Land use change effects on extreme flood in the Kelatan basin using hidrological model,» *ISFRAM*, pp. 222 - 236, 2015.
- [30] V. García Acosta, «Historia y desastres en América Latina (Volumen I),» 2015. [En línea]. Available: https://desenredando.org/public/libros/1996/hydv1/HistoriaYDesastresVol_I-1.0.0.pdf. [Último acceso: 29 04 2019].
- [31] Municipio de Machala, «Plan de contingencia por inundaciones,» Machala, 2009.
- [32] Municipio de Machala, «Plan de contingencia ante la presencia del fenómeno del

niño,» Machala, 2015.

- [33] M. Villón Béjar, Hidráulica de canales, Lima: Villón, 2007.
- [34] Ven Te Chow, Hidráulica de canales abiertos, Colombia: McGRAW-HILL, 2004.
- [35] A. Rocha, Hidráulica de tuberías y canales.
- [36] R. Saltos Quiñonez, C. Cadena Cornejo y M. Villalta Echeverría, «Comparación de flujos, para diferentes secciones de canales.,» 2018.
- [37] H. Castellanos, C. Collazos, J. Farfán y F. Meléndez, «Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable,» *Información Tecnológica*, vol. 28, nº 6, pp. 103 - 114, 2017.
- [38] L. M. Galiano Ayala y J. A. Toapaxi Álvarez, «Análisis de la socavación de cauces naturales,» *Revista Politécnica*, vol. 35, nº 3, 2015.
- [39] J. Martín Vide, Ingeniería de ríos, Barcelona: Edicions UPC, 2004.
- [40] P. Swamee y B. Chahar, «Optimal alignment of a canal route,» *Water Management*, vol. 166, pp. 422-431, 2013.
- [41] D. Meza Rodriguez, L. Marínez Rivera, N. Mercado Silva, D. Jalón Lastra, M. Tánago Del Río, M. Marchamalo Sacristán y C. De la Mora Orozco, «Propuesta de caudal ecológico en la cuenca del río Ayuquila-Armería en el occidente de México,» *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 45, nº 5, pp. 1017-1030, 2017.
- [42] D. Baeza Sanz y D. García de Jalón, «Cálculo de caudales de mantenimiento en ríos de la cuenca del Tajo a partir de variables climáticas y sus cuencas,» *Limnética*, vol. 16, pp. 69-84, 1999.
- [43] W. F. Salazar Masqui, *Diseño de curvas de gasto en puntos de interés a través de un modelo hidráulico en el río Casacay*, Machala, 2019.
- [44] United States Geological Survey, «Determinación de caudal y técnicas de

muestreo en agua superficial,» San Juan - Puerto Rico, 1986.

- [45] E. J. Mejía Rodríguez y G. P. Rosas Ayala, Cálculo de la velocidad media y el caudal con base en la velocidad superficial del agua en pequeñas corrientes., Bogotá, 2016.
- [46] S. Grimaldi y A. Petroselli, «Do we still need the Rational Formula? An alternative empirical procedure for peak discharge estimation in small and ungauged basins,» *Hydrological Sciences Journal*, vol. 60, nº 1, pp. 67-77, 2015.
- [47] E. Zimmermann y L. Bracalenti, «Validación de una metodología empírica para evaluar modificaciones del riesgo de inundación urbana ante escenarios hipotéticos de uso del suelo,» *Cuadernos del CURIHAM*, vol. 23, pp. 63-75, 2017.
- [48] M. Y. Esper Angillieri y M. Ó. Fernández, «Morphometric analysis of river basins using GIS and remote sensing of Andean section of Route 150, Argentina. Acomparision between manual and automated delineation of basins.,» *Revista mexicana de ciencias geológicas*, vol. 34, nº 2, pp. 150-156, 2017.
- [49] J. Aguilera, J. Sánchez Nieves y G. F. Morassutti, «Evaluación de ingeniería básica para la canalización de cauces adyacentes a urbanismos.,» *INGENIERÍA UC*, vol. 22, nº 3, pp. 62-70, 2015.
- [50] SENAGUA, Normas para estudio y deiseño de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1992.
- [51] S. Ibañez Asencio, H. Moreno Ramón y J. Gisbert Blanquer, «Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía,» [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10781/Coeficiente%20de%20escorrentía.pdf>. [Último acceso: 06 07 2019].
- [52] F. J. Aparicio Mijares, Fundamentos de la hidrología de superficie, México: LIMUSA S.A., 1992.
- [53] D. Froehlich, «Return Period–Dependent Rational Formula Coefficients for Two Locations in Texas,» *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 142, nº

9, 2016.

- [54] J. Roa Lobo y M. Kearney, «Acumulación y dirección de la escorrentía superficial a través del método del Número de Curva (nc) y SIG en una vertiente urbana de la ciudad de Trujillo-Venezuela,» *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 54, nº 2, pp. 273 - 300, 2013.
- [55] J. Herrera, G. Flamant, J. Gironás, S. Vera, C. Bonilla, W. Bustamante y F. Suárez, «Using a Hydrological Model to Simulate the Performance and Estimate the Runoff Coefficient of Green Roofs in Semiarid Climates,» *Water*, vol. 10, nº 2, p. 198, 2018.
- [56] S. Angrill, A. Petit-Boix, T. Morales Pinzón, A. Josa, J. Rieradevall y X. Gabarrell, «Urban rainwater runoff quantity and quality - A potencial endogenous resource in cities?,» *Journal of Environmental Management*, vol. 189, pp. 14 - 21, 2017.
- [57] Ven Te Chow, *Hidrología Aplicada*, Colombia: McGRAW-HILL, 1994.
- [58] INAMHI, «Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación.,» 2015. [En línea]. Available: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf. [Último acceso: 24 05 2019].
- [59] INAMHI, *Estudio de lluvias intensas*, Quito, 1999.
- [60] S. Ibáñez Asensio, H. Moreno Ramón y J. M. Gisbert Blanquer, «Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica,» [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci3n.pdf>. [Último acceso: 10 07 2019].
- [61] W. R. Sandoval Erazo y E. P. Aguilera Ortiz, «Determinacion de caudales en cuencas con poca información hidrológica,» *Ciencia UNEMI*, nº 2, pp. 100 - 110, 2014.
- [62] J. J. Vélez Upegui y A. Botero Gutiérrez, «Estimación del tiempo de concentración y tiempo de regazo en la cuenca experimental urbana de la

- quebrada San Luis, Manizales,» *Dyna*, vol. 78, nº 165, pp. 58-71, 2011.
- [63] M. Saluzzio, J. Gvozdenovich, A. Kindernknecht y J. Noir, «Tiempo de concentración para el diseño de terrazas de evacuación,» 2016.
- [64] Asamblea Nacional de la República del Ecuador, *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.*, Quito, 2014.
- [65] F. A. Jumbo Castillo, «Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA,» *Enfoque UTE*, vol. 6, nº 4, 2015.
- [66] E. Bladé Castellet, J. L. Cea Egaña y G. Corenstein Poupeau, «Modelización numérica de inundaciones fluviales,» *Ingeniería del agua*, vol. 18, nº 1, pp. 71-82, 2014.
- [67] T. Alves Sobrinho, P. Oliveira, D. Rodrigues y F. Ayres, «Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando datos SRTM,» *Engenharia Agrícola*, vol. 30, nº 1, pp. 46-57, 2010.
- [68] SENAGUA, «Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador. Escala 1:250000. Nivel 5. Metodología Pfafstetter,» Quito, 2009.
- [69] SENAGUA, «Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador. Escala 1:50000. Nivel 5, 6 y 7. Metodología Pfafstetter.,» Quito, 2017.
- [70] Aqua Pro Omnibus, «Tipos de caudales (avenidas),» 01 06 2014. [En línea]. Available: <http://aquaproomnibus.blogspot.com/2014/06/tipos-de-caudales-avenidas.html>. [Último acceso: 15 07 2019].
- [71] J. Alcázar Montero, *El método del caudal básico para la determinación de caudales de mantenimiento. Aplicación a la cuenca del Ebro*, Lleida, 2007.
- [72] Gobierno de la República del Ecuador, *Registro Oficial Nro. 41*, Quito, 2007.
- [73] F. J. Rojas Montalvo, *Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos.*, Quito, 2014.

- [74] G. Monsalve Sáenz, Hidrología en la ingeniería, México: Alfaomega, 1999.
- [75] A. Vatankhah, S. Ghafari y A. Mahadavi, «New and improved hydraulic radius for channels of the second kind,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 6, pp. 767-773, 2015.
- [76] A. Vatankhah, «Semi-regular polygon as the best hydraulic section in practice (Generalized solutions),» *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 38, pp. 60-71, 2014.
- [77] F. Tofiq y A. Guven, «Optimal design of trapezoidal lined channel with least cost: Semi-theoretical approach powered by genetic programming,» *Water S.A.*, vol. 41, n° 4, pp. 483-489, 2015.
- [78] H. Arvanaghi, G. Mahtabi y M. Rashidi, «New solutions for estimation of critical depth in trapezoidal cross section channel,» *J. Mater Environ. Sci.*, vol. 6, n° 9, pp. 2453 - 2460, 2015.
- [79] S. Varandili, H. Arvanaghi, M. Ghorbani y M. Yaseen, «A novel and exact analytical model for determination of critical depth in trapezoidal open channels,» *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 68, 2019.
- [80] INOCAR, «Tabla de mareas puertos del Ecuador,» Ministerio de Defensa Nacional, [En línea]. Available: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>. [Último acceso: 05 05 2019].
- [81] K. De Bruijn, «Resilience and flood risk management,» *Water Policy*, vol. 6, n° 1, pp. 53-66, 2004.
- [82] E. Jáuregui, M. Aversa y G. Salas, «Estrategias para la mitigación del riesgo por inundación: Caso cuenca del arrollo Maldonado, La Plata (Buenos Aires, Argentina),» *Urbano*, vol. 19, n° 34, pp. 34-47, 2016.
- [83] BANCO MUNDIAL, «Medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza: Principios y orientaciones para la implementación,» Banco Mundial,

Washington DC, 2017.

- [84] Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, «Obras de protección contra inundaciones,» México, 1999.
- [85] Proyectos Civiles e Hidráulicos Ltda., «Análisis comparado entre conducción entubada y conducción abierta en canales de riego.,» Santiago, 2009.
- [86] Gobierno de la República del Ecuador, *Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*, Quito, 2015.
- [87] P. Rodriguez Ruiz, Hidráulica II, 2008.
- [88] Y. Han y S. Easa, «Superior cubic channel section and analytical solution of the best hydraulic properties,» *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 50, pp. 169-177, 2016.
- [89] N. Chitsaz y M. Banihabib, «omparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives,» *Water resource Manage*, vol. 29, 2015.
- [90] J. Loor, *CONSECUENCIAS SOCIOECONÓMICAS EN LAS FAMILIAS ASENTADAS EN LAS RIBERAS DEL ESTERO EL MACHO POR CONTAMINACIÓN DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES*, Machala, 2016.
- [91] C. Neoambiente, «ambiente.gob.ec/,» 2006. [En línea]. Available: <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Estudio%20Contaminacion%20Machala.pdf>. [Último acceso: 26 07 2017].
- [92] United Nations Disaster Relief Co-ordinator UNDRO, «Natural Disasters and Vulnerability Analysis,» 09-12 Julio 1979. [En línea]. Available: <https://archive.org/details/naturaldisasters00offi>. [Último acceso: 30 04 2019].
- [93] Organización Metereológica Mundial OMM, «Glosario hidrológico internacional,» 2012. [En línea]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862/PDF/221862qaa.pdf.multi>.

[Último acceso: 01 05 2019].

- [94] W. Salazar, Diseño de curvas de gasto en curvas de interés a través de un modelo hidráulico en el río Casacay, Machala, 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Principales cuerpos hídricos en el cantón Machala.

Cuenca	Subcuenca	Cuerpo hídrico
Río Jubones	Río Jubones	Río Jubones
		Ramal Estero El Macho
		Esteros El Macho
		Esteros El Tigre
		Esteros Salinas
		Esteros Puerto Grande (Río Viejo Jubones)
		Esteros El Muerto
		Esteros Buenos Aires
		Ramal Estero El Tigre
Estero Guajabal	Estero Guajabal	Esteros Saca Mano
		Esteros Puerto Pilo
		Esteros Nuevo Pilo
		Esteros Huaylá
		Esteros Guajabal
		Esteros El Bagre
		Esteros Caza Camarón
		Esteros Caleta
Río Santa Rosa	Río Motuche	Río Palenque
		Esteros Motuche
		Esteros Guarumal
		Esteros Caza Mono
		Esteros Amargura
	Río Santa Rosa	Esteros Santa Rosa
		Esteros Pital
		Esteros Maderal
	Río Buenavista	Río Buenavista
		Esteros Pomarosa
Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Machala 2018.		

DELIMITACION ESPACIAL DEL PROYECTO

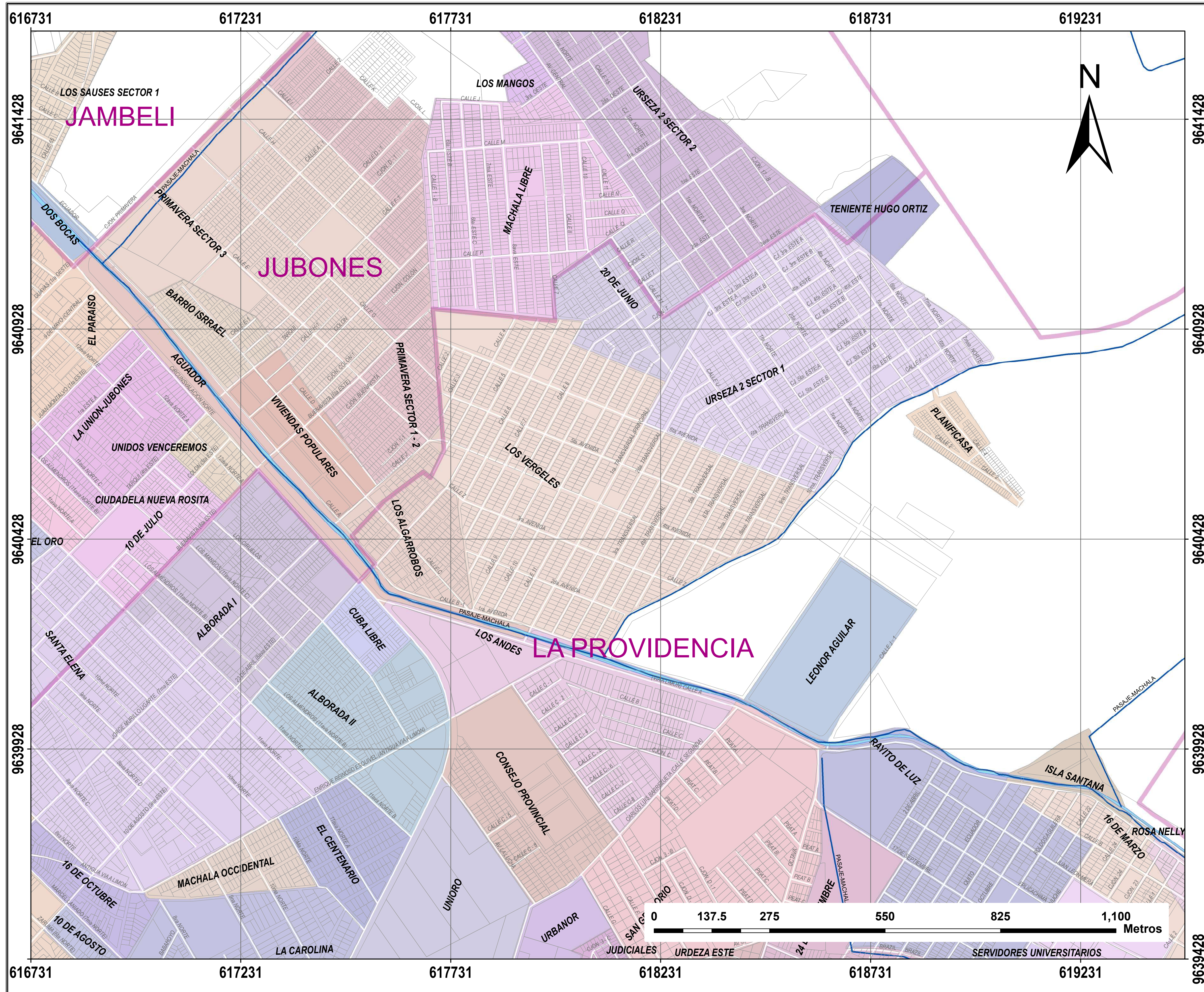
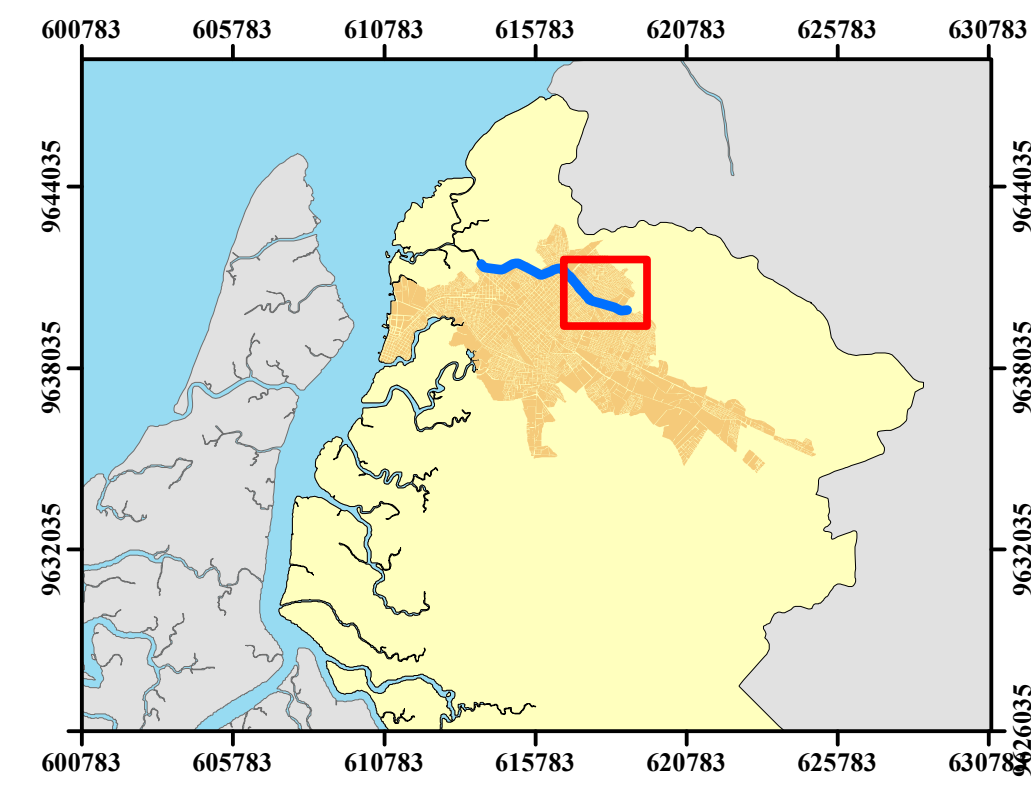


Lámina:

PLANO DE UBICACIÓN



Sector: Norte Parroquia: Machala

Provincia: El Oro Cantón: Machala

Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proy.Cart. - UTM Zona: 17 Sur

Proyecto/Práctica:

Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"

Contiene:

Plano de ubicación del proyecto

Revisado por:

Ing. Carlos E. Sánchez Mendieta, Mg. Sc.

Elaborado por:

JOFFRE A. CUENCA MOROCHO

Detalles:

Simbología

- Predios
- Parroquias
- Drenajes
- Canal
- Calles

Fecha: 09/2019 No. de Plano

Escala: 1:4,461.98



Anexo 3. Tabla de coeficientes de escorrentía.

COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

Tipos de Superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Cemento, tejados	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
Condicion pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.4	0.58
Pendiente media (2 - 7%)	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente alta (> 7%)	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condicion promedio (cobertura vegetal el 50% y el 75% del área)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condicion buena (cobertura vegetal superior al 75%)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Pendiente media (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente alta (> 7%)	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Pendiente media (2 - 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente alta (> 7%)	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Bosques							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Pendiente media (2 - 7%)	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente alta (> 7%)	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58
Fuente: Hidrología aplicada. Ven Te Chow							

Anexo 4. Valores del coeficiente de rugosidad n.

Las cifras en negrillas son los valores generalmente recomendados para el diseño.

Tipo de canal y descripción		Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos				
A-1. Metal				
	a. Latón, liso	0.009	0.01	0.013
	b. Acero			
	1. Estriado y soldado	0.01	0.012	0.014
	2. Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
	c. Hierro fundido			
	1. Recubierto	0.01	0.013	0.014
	2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
	d. Hierro forjado			
	1. Negro	0.012	0.014	0.015
	2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
	e. Metal corrugado			
	1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
	2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.03
A-2. No metal				
	a. Lucita	0.008	0.009	0.01
	b. Vidrio	0.009	0.01	0.013
	c. Cemento			
	1. Superficie pulida	0.01	0.011	0.013
	2. Mortero	0.011	0.013	0.015
	d. Concreto			
	1. Alcantarilla recta y libre de basuras	0.01	0.011	0.013
	2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
	3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
	4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
	5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
	6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
	7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.02
	e. Madera			
	1. Machimbrada	0.01	0.012	0.014
	2. Lámina tratada	0.015	0.017	0.02
	f. Arcilla			
	1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
	2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
	3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
	4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
	g. Mampostería en ladrillo			
	1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
	2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.013	0.016
	h. Alcantarillados sanitarios			
	1. Recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
	i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.02
	j. Mampostería de piedra cementada	0.018	0.025	0.03
B. Canales revestidos o desarmables				
B-1. Metal				
	a. Superficie lisa de acero			
	1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
	2. Pintada	0.012	0.013	0.017

Fuente: Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow.

Tipo de canal y descripción		Mínimo	Normal	Máximo
	b. Corrugado	0.021	0.025	0.03
B-2. No metal				
	a. Cemento			
	1. Superficie pulida	0.01	0.011	0.013
	2. Mortero	0.011	0.013	0.015
	b. Madera			
	1. Cepillada, sin tratar	0.01	0.012	0.014
	2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
	3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
	4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
	5. Forrada con papel impermeabilizante	0.01	0.014	0.017
	c. Concreto			
	1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
	2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
	3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.02
	4. Sin pulir	0.014	0.017	0.02
	5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
	6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
	7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.02	
	8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
	d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
	1. Piedra labrada en mortero	0.015	0.017	0.02
	2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.02	0.024
	3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.02	0.024
	4. Mampostería de piedra cementada	0.02	0.025	0.03
	5. Piedra suelta o rip rap	0.02	0.03	0.036
	e. Fondo de gravas con lados de			
	1. Concreto encofrado	0.017	0.02	0.025
	2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.02	0.023	0.026
	3. Piedra suelta o rip rap	0.023	0.033	36
	f. Ladrillo			
	1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
	2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
	g. Mampostería			
	1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.03
	2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
	h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
	i. Asfalto			
	1. Liso	0.013	0.013	
	2. Rugoso	0.016	0.016	
	j. Revestimiento vegetal	0.03		0.5
C. Excavado o dragado				
	a. En tierra, recta y uniforme			
	1. Limpio, recipiente terminado	0.016	0.018	0.02
	2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
	3. con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.03
	4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
	b. en tierra, serpenteante y lento			
	1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.03
	2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.03	0.033
	3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.03	0.035	0.04
	4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.03	0.035

Fuente: Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow.

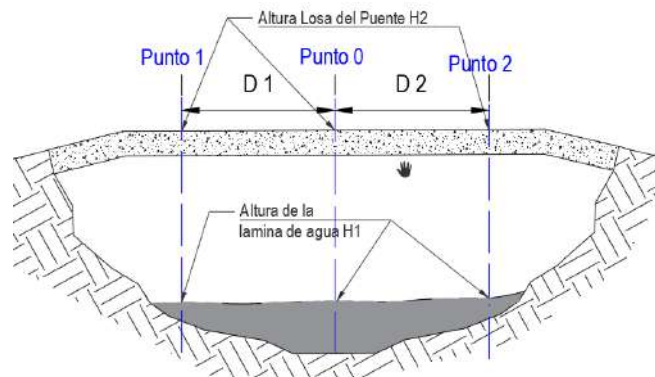
Tipo de canal y descripción		Mínimo	Normal	Máximo
	5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.04
	6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.03	0.04	0.05
	c. Excavaciones con pala o dragado			
	1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
	2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.05	0.06
	d. Cortes en roca			
	1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.04
	2. Afilados e irregulares	0.035	0.04	0.05
	c. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
	1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.05	0.08	0.12
	2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.04	0.05	0.08
	3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.7	0.11
	4. Matorrales densos, nivel alto	0.08	0.1	0.14
	D. Corrientes naturales			
	D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
	a. Corrientes en planicies			
	1. Limpias, rectas máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.03	0.033
	2. Igual al anterior, peor con más piedras y malezas	0.03	0.035	0.04
	3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.04	0.045
	4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.05
	5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.04	0.048	0.055
	6. Igual al4, pero con más rapidez	0.045	0.05	0.06
	7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.05	0.07	0.08
	8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.1	0.15
	b. Corrientes Montañas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas en niveles altos			
	1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.03	0.04	0.05
	2. Fondo: cantos rodados con rocas	0.04	0.05	0.07
	D-2. Planicies de inundación			
	a. Pastizales, sin matorrales	0.025	0.03	0.035
	1. Pasto corto	0.03	0.035	0.05
	2. Pasto alto			
	b. Áreas cultivadas			
	1. Sin cultivo	0.02	0.03	0.04
	2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
	3. Campos de cultivo maduros	0.03	0.04	0.05
	c. Matorrales			
	1. Matorrales dispersos, muchas malezas	0.035	0.05	0.07
	2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
	3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.04	0.06	0.08
	4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.07	0.11
	5. Matorrales medios a densos, en verano	0.07	0.1	0.16
	d. Árboles			
	1. Saucos densos, rectos y en verano	0.11	0.15	0.2
	2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.03	0.04	0.05
	3. Igual, que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.05	0.06	0.08
	4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con pocos crecimientos de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.08	0.1	0.12

Fuente: Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow.

Tipo de canal y descripción		Mínimo	Normal	Máximo
	5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.1	0.12	0.16
	D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencias menores efectiva.			
	a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025		0.06
	b. Sección irregular y rugosa	0.035		0.1
Fuente: Hidráulica de canales abiertos. Ven Te Chow.				

Anexo 5. Datos recogidos en los aforos.

RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Jueves, 11 de julio de 2019

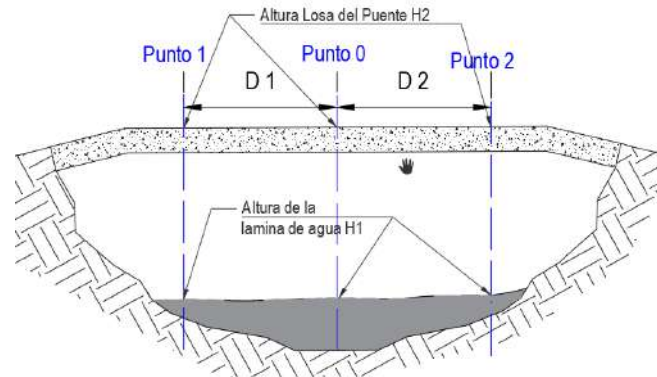


PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
5:31:00	0.82
12:05:00	2.83
18:20:00	0.67
--	--

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
9:00:00	26	El Aguador		3.75	0.40	4.20	0.45	4.30	85.00	72.00	80.00	79.00	79.00	23.60	0.30
9:10:00	26	Juan Montalvo	0.20	3.75	0.30	3.90	0.20	3.75							
9:23:00	26	Buenavista	0.40	3.70	0.60	3.90	0.40	3.70							
9:26:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.65	3.60	0.30	3.20	11.00	13.00	12.00	13.00	12.25	6.00	0.49
9:33:00	26	Los Vergeles	0.40	3.40	0.55	3.50	0.50	3.50							
9:40:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.25	3.60	1.52	3.60	0.80	2.75							
9:45:00	26	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.50	3.30	0.45	3.25	16.00	16.00	17.00	19.00	17.00	2.75	0.16
PLEAMAR															
14:20:00	26	El Aguador	0.40	3.75	0.75	4.20	0.95	4.30	52.00	51.00	64.00	64.00	57.75	23.60	0.41
14:27:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.41	3.90	0.30	3.75							
14:33:00	26	Buenavista	0.30	3.70	0.50	3.90	0.30	3.70							
14:40:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.60	3.60	0.20	3.20	12.00	11.00	15.00	14.00	13.00	6.00	0.46
14:44:00	26	Los Vergeles	0.40	3.40	0.45	3.50	0.50	3.50							
14:51:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.30	3.60	1.40	3.60	0.75	2.75							
14:56:00	26	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.45	3.30	0.40	3.25	17.00	16.00	16.00	17.00	16.50	2.75	0.17

RESPONSABLE:
FECHA DE AFORO:

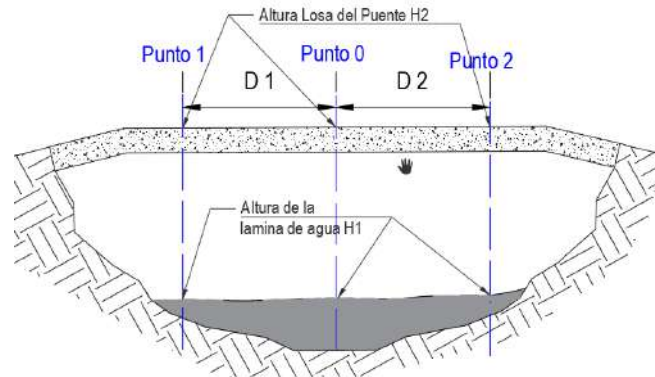
Joffre Cuenca
Viernes, 12 de julio de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
0:48:00	2.63
6:42:00	0.88
13:09:00	2.77
19:22:00	0.61

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
9:30:00	26	El Aguador		3.75	0.40	4.20	0.50	4.30	84.00	73.00	80.00	80.00	79.25	23.60	0.30
10:00:00	26	Juan Montalvo	0.20	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75							
10:05:00	26	Buenavista	0.40	3.70	0.60	3.90	0.40	3.70							
10:10:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.60	3.60	0.25	3.20	11.00	12.00	14.00	13.00	12.50	6.00	0.48
10:17:00	26	Los Vergeles	0.45	3.40	0.55	3.50	0.60	3.50							
10:22:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.35	3.60	1.60	3.60	0.90	2.75							
10:30:00	26	Isla Santa Ana	0.75	3.40	0.60	3.30	0.50	3.25	16.00	18.00	17.00	16.00	16.75	2.75	0.16
PLEAMAR															
14:50:00	24	El Aguador	0.40	3.75	0.75	4.20	0.95	4.30	51.00	49.00	60.00	62.00	55.50	23.60	0.43
15:05:00	24	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.35	3.75							
15:12:00	24	Buenavista	0.35	3.70	0.60	3.90	0.35	3.70							
15:16:00	24	10 de Agosto	0.45	3.30	0.65	3.60	0.25	3.20	11.00	11.00	14.00	15.00	12.75	6.00	0.47
15:25:00	24	Los Vergeles	0.45	3.40	0.50	3.50	0.55	3.50							
15:32:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.30	3.60	1.40	3.60	0.80	2.75							
15:40:00	24	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.45	3.30	0.45	3.25	17.00	16.00	16.00	17.00	16.50	2.75	0.17

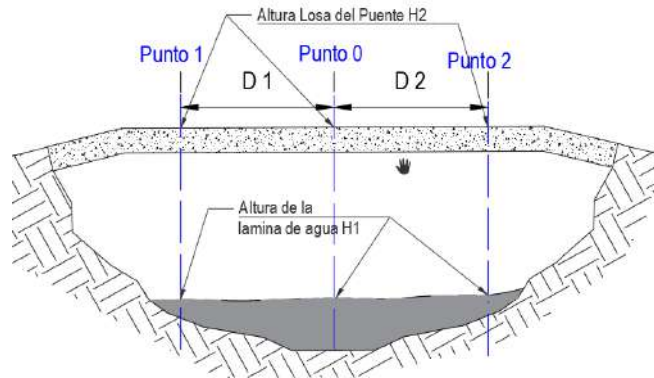
RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Miércoles, 17 de julio de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
5:20:00	2.94
11:08:00	0.68
17:19:00	2.83
23:16:00	0.35

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
14:28:00	26	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.60	4.30	59.00	54.00	59.00	47.00	54.75	23.60	0.43
14:38:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75							
14:45:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70							
14:56:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	10.00	11.00	10.00	10.00	10.25	6.00	0.59
15:03:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.70	3.50	0.70	3.50							
15:09:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.00	2.75							
15:14:00	26	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.65	3.25	19.00	22.00	19.00	18.00	19.50	2.75	0.14
PLEAMAR															
8:15:00	26	El Aguador	0.40	3.75	0.80	4.20	0.90	4.30	52.00	51.00	64.00	64.00	57.75	23.60	0.41
8:26:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75							
8:31:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.75	3.90	0.50	3.70							
8:40:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.75	3.60	0.40	3.20	12.00	11.00	15.00	14.00	13.00	6.00	0.46
8:48:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.75	3.50	0.70	3.50							
8:53:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.10	2.75							
9:01:00	26	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.70	3.30	0.70	3.25	17.00	16.00	16.00	18.00	16.75	2.75	0.16

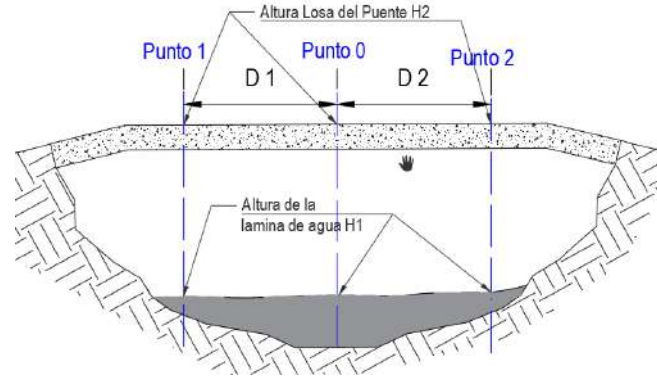
RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Jueves, 18 de julio de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
5:57:00	2.96
11:45:00	0.68
17:54:00	2.82
23:52:00	0.38

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
15:00:00	27	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.65	4.30	79.00	66.00	61.00	67.00	68.25	23.60	0.35
15:20:00	27	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75							
15:25:00	27	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70							
15:30:00	27	10 de Agosto	0.45	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	14.00	15.00	15.00	16.00	15.00	6.00	0.40
15:30:00	27	Los Vergeles	0.60	3.40	0.70	3.50	0.70	3.50							
15:35:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.45	3.60	1.62	3.60	1.00	2.75							
15:44:00	27	Isla Santa Ana	0.85	3.40	0.68	3.30	0.60	3.25	29.00	29.00	23.00	25.00	26.50	2.75	0.10
PLEAMAR															
9:15:00	27	El Aguador	0.48	3.75	0.90	4.20	1.00	4.30	89.00	68.00	64.00	75.00	74.00	23.60	0.32
9:28:00	27	Juan Montalvo	0.40	3.75	0.50	3.90	0.40	3.75							
9:35:00	27	Buenavista	0.60	3.70	0.80	3.90	0.60	3.70							
9:40:00	27	10 de Agosto	0.50	3.30	0.80	3.60	0.40	3.20	8.00	10.00	8.00	11.00	9.25	6.00	0.65
9:50:00	27	Los Vergeles	0.65	3.40	0.75	3.50	0.75	3.50							
9:56:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.75	3.60	1.00	2.75							
10:05:00	27	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.75	3.30	0.70	3.25	20.00	18.00	21.00	20.00	19.75	2.75	0.14

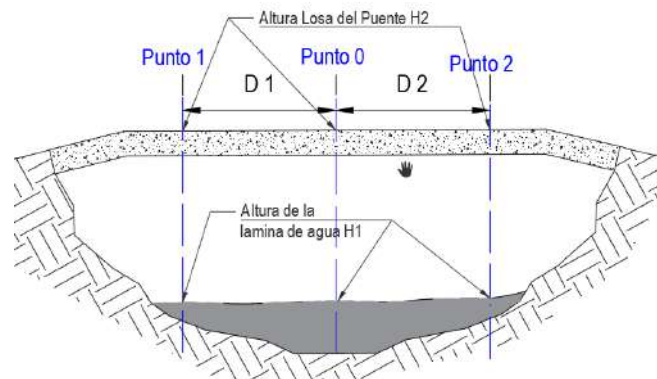
RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Viernes, 19 de julio de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
6:30:00	2.95
12:21:00	0.7
18:29:00	2.8
--	--

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
15:50:00	24	El Aguador	0.03	3.75	0.50	4.20	0.60	4.30	46.00	54.00	51.00	51.00	50.50	23.60	0.47
16:00:00	24	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75							
16:10:00	24	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.45	3.70							
16:17:00	24	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	10.00	11.00	13.00	11.00	11.25	6.00	0.53
16:23:00	24	Los Vergeles	0.50	3.40	0.65	3.50	0.60	3.50							
16:30:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.45	3.60	1.60	3.60	1.00	2.75							
16:40:00	24	Isla Santa Ana	0.80	3.40	0.60	3.30	0.50	3.25	25.00	30.00	21.00	19.00	23.75	2.75	0.12
PLEAMAR															
9:45:00	24	El Aguador	0.50	3.75	0.90	4.20	1.00	4.30	58.00	60.00	60.00	57.00	58.75	23.60	0.40
9:54:00	24	Juan Montalvo	0.40	3.75	0.50	3.90	0.40	3.75							
10:01:00	24	Buenavista	0.60	3.70	0.80	3.90	0.60	3.70							
10:07:00	24	10 de Agosto	0.50	3.30	0.75	3.60	0.40	3.20	10.00	11.00	11.00	11.00	10.75	6.00	0.56
10:19:00	24	Los Vergeles	0.60	3.40	0.75	3.50	0.75	3.50							
10:25:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.10	2.75							
10:31:00	24	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.65	3.25	27.00	22.00	24.00	25.00	24.50	2.75	0.11

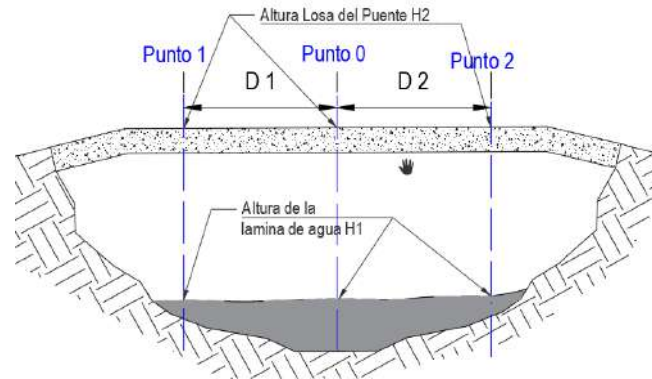
RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Viernes, 16 de agosto de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
5:34:00	2.91
11:24:00	0.6
17:35:00	2.8
23:30:00	0.37

DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
11:24:00	26	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.65	4.30	80.00	70.00	70.00	60.00	70.00	23.60	0.34
11:37:00	26	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75							
11:45:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70							
11:48:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	10.00	11.00	11.00	11.00	10.75	6.00	0.56
11:58:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.65	3.50	0.70	3.50							
12:04:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.75	3.60	1.00	2.75							
12:08:00	26	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.60	3.25	18.00	17.00	16.00	17.00	17.00	2.75	0.16
PLEAMAR															
17:35:00	27	El Aguador	0.50	3.75	1.00	4.20	1.10	4.30	295.00	284.00	230.00	230.00	259.75	23.60	0.09
17:53:00	27	Juan Montalvo	0.50	3.75	0.65	3.90	0.50	3.75							
17:59:00	27	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.40	3.70							
18:09:00	27	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.25	3.20	13.00	13.00	11.00	12.00	12.25	6.00	0.49
18:14:00	27	Los Vergeles	0.50	3.40	0.60	3.50	0.60	3.50							
18:21:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.00	2.75							
18:24:00	27	Isla Santa Ana	0.80	3.40	0.70	3.30	0.60	3.25	22.00	16.00	16.00	16.00	17.50	2.75	0.16

RESPONSABLE: Joffre Cuenca
FECHA DE AFORO: Sábado, 17 de agosto de 2019



PRONÓSTICO INOCAR	
HORA	ALTURA
6:04:00	2.93
11:57:00	0.58
18:07:00	2.81
--	--

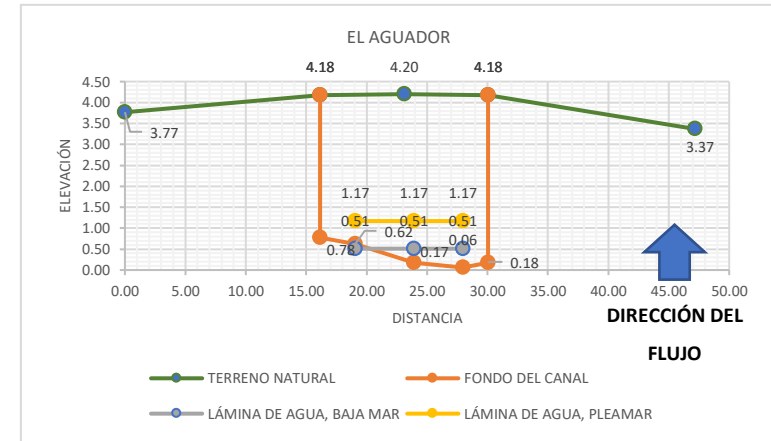
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION									Cálculo de la velocidad superficial Vs						
HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						Tiempo tn (s) en recorrer longitud L en (m)					Velocidad superficial	
			PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		t1	t2	t3	t4	tm		L
HH:MM:SS	°C		H1	H2	H1	H2	H1	H2							
BAJAMAR															
12:24:00	25	El Aguador	0.1	3.75	0.5	4.20	0.65	4.30	50.00	47.00	44.00	44.00	46.25	23.60	0.51
12:34:00	25	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.4	3.90	0.25	3.75							
12:39:00	25	Buenavista	0.5	3.70	0.7	3.90	0.5	3.70							
12:45:00	25	10 de Agosto	0.4	3.30	0.7	3.60	0.3	3.20	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	6.00	0.55
12:51:00	25	Los Vergeles	0.6	3.40	0.65	3.50	0.6	3.50							
12:57:00	25	Cdla. Leonor Aguilar	1.5	3.60	1.75	3.60	1.05	2.75							
13:03:00	25	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.75	3.30	0.7	3.25	16.00	16.00	15.00	16.00	15.75	6.00	0.38
PLEAMAR															
18:15:00	25	El Aguador	0.5	3.75	1	4.20	1.1	4.30	245.00	256.00	259.00	270.00	257.50	23.60	0.09
18:25:00	25	Juan Montalvo	0.5	3.75	0.6	3.90	0.6	3.75							
18:31:00	25	Buenavista	0.5	3.70	0.6	3.90	0.45	3.70							
18:37:00	25	10 de Agosto	0.4	3.30	0.7	3.60	0.25	3.20	11.00	13.00	13.00	11.00	12.00	6.00	0.50
18:43:00	25	Los Vergeles	0.5	3.40	0.6	3.50	0.6	3.50							
18:54:00	25	Cdla. Leonor Aguilar	1.5	3.60	1.6	3.60	1.1	2.75							
19:00:00	25	Isla Santa Ana	0.7	3.40	0.65	3.30	0.6	3.25	16.00	18.00	19.00	18.00	17.75	6.00	0.34

Anexo 6. Cálculo de los niveles de agua.

Estación: El Aguador

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
15	TO	3.77	0.00	0.00		
5002	IP	4.18	16.15	16.15	3.40	0.78
4000	P1	4.37	2.90	19.05	3.75	0.62
5001	PM	4.20	4.05	23.10		
4001	P0	4.37	0.80	23.90	4.20	0.17
4002	P2	4.36	4.05	27.95	4.30	0.06
5000	FP	4.18	2.10	30.05	4.00	0.18
11	TF	3.37	17.10	47.15		

ACERA 0.18 Lámina de agua más baja 0.51
Lámina de agua más alta 1.17



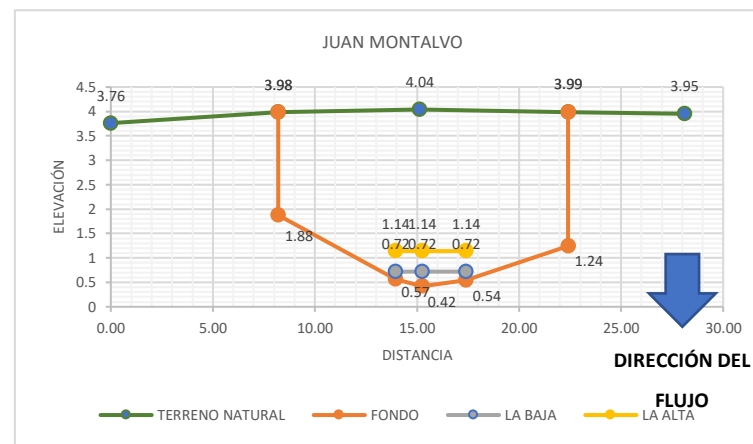
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA			PREDICCIÓN INOCAR
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2	
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)	
BAJAMAR													
11/7/2019	9:00:00	26	El Aguador	0.00	3.75	0.40	4.20	0.45	4.30		0.57	0.51	0.82
12/7/2019	9:30:00	26	El Aguador	0.00	3.75	0.40	4.20	0.50	4.30		0.57	0.56	0.88
17/7/2019	14:28:00	26	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.60	4.30	0.72	0.67	0.66	0.68
18/7/2019	15:00:00	27	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.65	4.30	0.72	0.67	0.71	0.68
19/7/2019	15:50:00	24	El Aguador	0.03	3.75	0.50	4.20	0.60	4.30	0.65	0.67	0.66	0.70
16/8/2019	11:24:00	26	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.65	4.30	0.72	0.67	0.71	0.60
17/8/2019	12:24:00	25	El Aguador	0.10	3.75	0.50	4.20	0.65	4.30	0.72	0.67	0.71	0.58
PLEAMAR													
11/7/2019	14:20:00	26	El Aguador	0.40	3.75	0.75	4.20	0.95	4.30	1.02	0.92	1.01	2.83
12/7/2019	14:50:00	24	El Aguador	0.40	3.75	0.75	4.20	0.95	4.30	1.02	0.92	1.01	2.77
17/7/2019	8:15:00	26	El Aguador	0.40	3.75	0.80	4.20	0.90	4.30	1.02	0.97	0.96	2.83
18/7/2019	9:15:00	27	El Aguador	0.48	3.75	0.90	4.20	1.00	4.30	1.10	1.07	1.06	2.82
19/7/2019	9:45:00	24	El Aguador	0.50	3.75	0.90	4.20	1.00	4.30	1.12	1.07	1.06	2.80
16/8/2019	17:35:00	27	El Aguador	0.50	3.75	1.00	4.20	1.10	4.30	1.12	1.17	1.16	2.80
17/8/2019	18:15:00	25	El Aguador	0.50	3.75	1.00	4.20	1.10	4.30	1.12	1.17	1.16	2.81

Estación: Calle Juan Montalvo

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5004	TO	3.76	0.00	0.00		
5005	IP	3.98	8.20	8.20	2.10	1.88
4004	P1	4.32	5.75	13.95	3.75	0.57
5006	PM	4.04	1.18	15.13		
4005	P0	4.32	0.12	15.25	3.90	0.42
4006	P2	4.29	2.15	17.40	3.75	0.54
5007	FP	3.99	5.00	22.40	2.75	1.24
5008	TF	3.95	5.70	28.10		

Lámina de agua más baja 0.72
Lámina de agua más alta 1.14



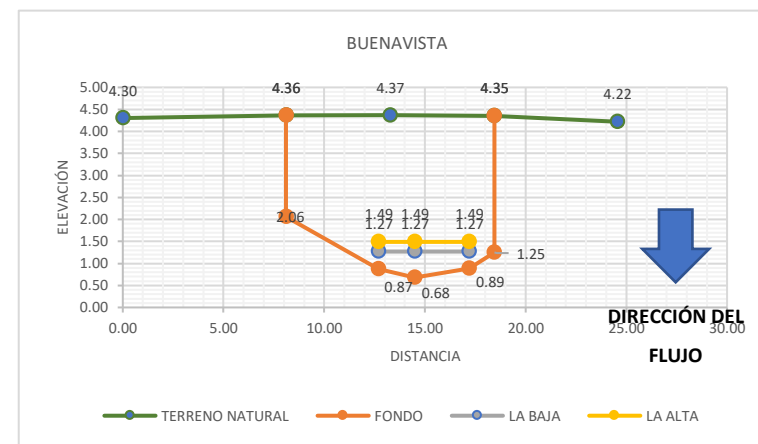
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
BAJAMAR												
11/7/2019	9:10:00	26	Juan Montalvo	0.20	3.75	0.30	3.90	0.20	3.75	0.77	0.72	0.74
12/7/2019	10:00:00	26	Juan Montalvo	0.20	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75	0.77	0.82	0.79
17/7/2019	14:38:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75	0.87	0.82	0.84
18/7/2019	15:20:00	27	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75	0.82	0.82	0.79
19/7/2019	16:00:00	24	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75	0.82	0.82	0.84
16/8/2019	11:37:00	26	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75	0.82	0.82	0.79
17/8/2019	12:34:00	25	Juan Montalvo	0.25	3.75	0.40	3.90	0.25	3.75	0.82	0.82	0.79
PLEAMAR												
11/7/2019	14:27:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.41	3.90	0.30	3.75	0.87	0.83	0.84
12/7/2019	15:05:00	24	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.35	3.75	0.87	0.82	0.89
17/7/2019	8:26:00	26	Juan Montalvo	0.30	3.75	0.40	3.90	0.30	3.75	0.87	0.82	0.84
18/7/2019	9:28:00	27	Juan Montalvo	0.40	3.75	0.50	3.90	0.40	3.75	0.97	0.92	0.94
19/7/2019	9:54:00	24	Juan Montalvo	0.40	3.75	0.50	3.90	0.40	3.75	0.97	0.92	0.94
16/8/2019	17:53:00	27	Juan Montalvo	0.50	3.75	0.65	3.90	0.50	3.75	1.07	1.07	1.04
17/8/2019	18:25:00	25	Juan Montalvo	0.50	3.75	0.60	3.90	0.60	3.75	1.07	1.02	1.14

Estación: Calle Buenavista

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5010	TO	4.30	0.00	0.00		
5011	IP	4.36	8.10	8.10	2.30	2.06
4008	P1	4.57	4.60	12.70	3.70	0.87
5012	PM	4.37	0.58	13.28		
4009	P0	4.58	1.23	14.50	3.90	0.68
4010	P2	4.59	2.70	17.20	3.70	0.89
5013	FP	4.35	1.25	18.45	3.10	1.25
5014	TF	4.22	6.10	24.55		

Lámina de agua más baja 1.27
Lámina de agua más alta 1.49



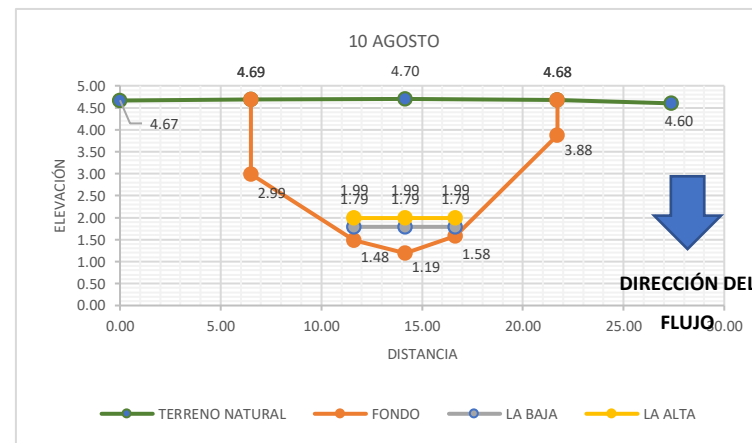
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
BAJAMAR												
11/7/2019	9:23:00	26	Buenavista	0.40	3.70	0.60	3.90	0.40	3.70	1.27	1.28	1.29
12/7/2019	10:05:00	26	Buenavista	0.40	3.70	0.60	3.90	0.40	3.70	1.27	1.28	1.29
17/7/2019	14:45:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70	1.37	1.38	1.39
18/7/2019	15:25:00	27	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70	1.37	1.38	1.39
19/7/2019	16:10:00	24	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.45	3.70	1.37	1.38	1.34
16/8/2019	11:45:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70	1.37	1.38	1.39
17/8/2019	12:39:00	25	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.50	3.70	1.37	1.38	1.39
PLEAMAR												
11/7/2019	14:33:00	26	Buenavista	0.30	3.70	0.50	3.90	0.30	3.70	1.17	1.18	1.19
12/7/2019	15:12:00	24	Buenavista	0.35	3.70	0.60	3.90	0.35	3.70	1.22	1.28	1.24
17/7/2019	8:31:00	26	Buenavista	0.50	3.70	0.75	3.90	0.50	3.70	1.37	1.43	1.39
18/7/2019	9:35:00	27	Buenavista	0.60	3.70	0.80	3.90	0.60	3.70	1.47	1.48	1.49
19/7/2019	10:01:00	24	Buenavista	0.60	3.70	0.80	3.90	0.60	3.70	1.47	1.48	1.49
16/8/2019	17:59:00	27	Buenavista	0.50	3.70	0.70	3.90	0.40	3.70	1.37	1.38	1.29
17/8/2019	18:31:00	25	Buenavista	0.50	3.70	0.60	3.90	0.45	3.70	1.37	1.28	1.34

Estación: Calle 10 de Agosto

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5016	TO	4.67	0.00	0.00		
5017	IP	4.69	6.50	6.50	1.70	2.99
4012	P1	4.78	5.12	11.62	3.30	1.48
5018	PM	4.70	2.53	14.15		
4013	P0	4.79	0.00	14.15	3.60	1.19
4014	P2	4.78	2.50	16.65	3.20	1.58
5019	FP	4.68	5.07	21.72	0.80	3.88
5020	TF	4.60	5.65	27.37		

Lámina de agua más baja 1.79
Lámina de agua más alta 1.99



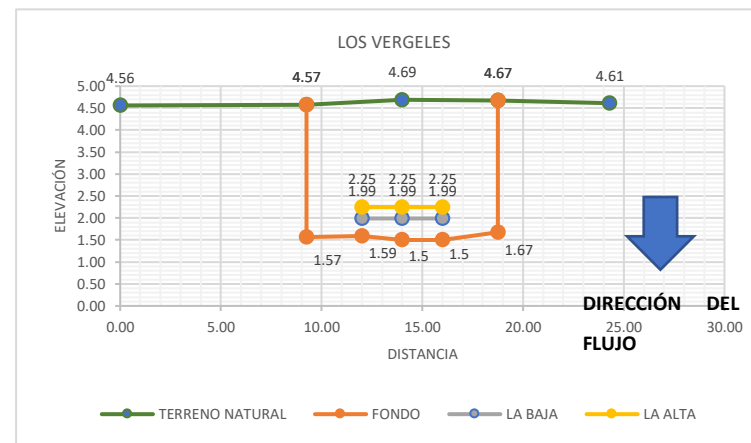
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
BAJAMAR												
11/7/2019	9:26:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.65	3.60	0.30	3.20	1.93	1.84	1.88
12/7/2019	10:10:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.60	3.60	0.25	3.20	1.88	1.79	1.83
17/7/2019	14:56:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	1.93	1.89	1.88
18/7/2019	15:30:00	27	10 de Agosto	0.45	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	1.93	1.89	1.88
19/7/2019	16:17:00	24	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	1.88	1.89	1.88
16/8/2019	11:48:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	1.88	1.89	1.88
17/8/2019	12:45:00	25	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.30	3.20	1.88	1.89	1.88
PLEAMAR												
11/7/2019	14:40:00	26	10 de Agosto	0.40	3.30	0.60	3.60	0.20	3.20	1.88	1.79	1.78
12/7/2019	15:16:00	24	10 de Agosto	0.45	3.30	0.65	3.60	0.25	3.20	1.93	1.84	1.83
17/7/2019	8:40:00	26	10 de Agosto	0.45	3.30	0.75	3.60	0.40	3.20	1.93	1.94	1.98
18/7/2019	9:40:00	27	10 de Agosto	0.50	3.30	0.80	3.60	0.40	3.20	1.98	1.99	1.98
19/7/2019	10:07:00	24	10 de Agosto	0.50	3.30	0.75	3.60	0.40	3.20	1.98	1.94	1.98
16/8/2019	18:09:00	27	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.25	3.20	1.88	1.89	1.83
17/8/2019	18:37:00	25	10 de Agosto	0.40	3.30	0.70	3.60	0.25	3.20	1.88	1.89	1.83

Estación: Los Vergeles

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5022	TO	4.56	0.00	0.00		
5023	IP	4.57	9.25	9.25	3	1.57
4016	P1	4.99	2.75	12.00	3.4	1.59
5024	PM	4.69	2.00	14.00		
4017	P0	5.00	0.00	14.00	3.5	1.5
4018	P2	5.00	2.00	16.00	3.5	1.5
5025	FP	4.67	2.75	18.75	3	1.67
5026	TF	4.61	5.55	24.30		

Lámina de agua más baja 1.99
Lámina de agua más alta 2.25



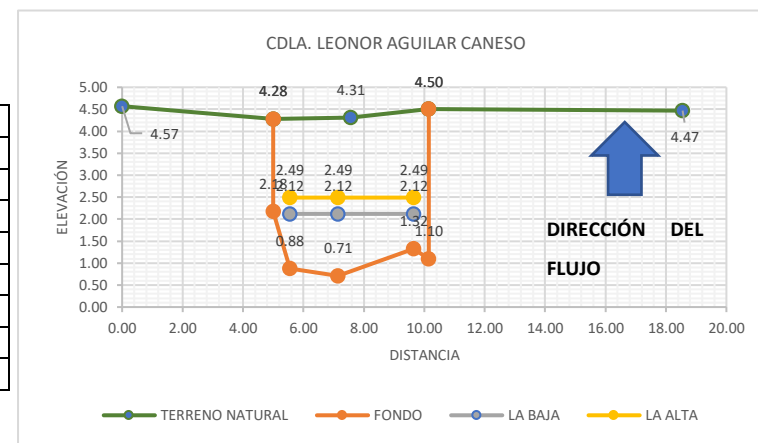
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
BAJAMAR												
11/7/2019	9:33:00	26	Los Vergeles	0.40	3.40	0.55	3.50	0.50	3.50	1.99	2.05	2.00
12/7/2019	10:17:00	26	Los Vergeles	0.45	3.40	0.55	3.50	0.60	3.50	2.04	2.05	2.10
17/7/2019	15:03:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.70	3.50	0.70	3.50	2.19	2.20	2.20
18/7/2019	15:30:00	27	Los Vergeles	0.60	3.40	0.70	3.50	0.70	3.50	2.19	2.20	2.20
19/7/2019	16:23:00	24	Los Vergeles	0.50	3.40	0.65	3.50	0.60	3.50	2.09	2.15	2.10
16/8/2019	11:58:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.65	3.50	0.70	3.50	2.19	2.15	2.20
17/8/2019	12:51:00	25	Los Vergeles	0.60	3.40	0.65	3.50	0.60	3.50	2.19	2.15	2.10
PLEAMAR												
11/7/2019	14:44:00	26	Los Vergeles	0.40	3.40	0.45	3.50	0.50	3.50	1.99	1.95	2.00
12/7/2019	15:25:00	24	Los Vergeles	0.45	3.40	0.50	3.50	0.55	3.50	2.04	2.00	2.05
17/7/2019	8:48:00	26	Los Vergeles	0.60	3.40	0.75	3.50	0.70	3.50	2.19	2.25	2.20
18/7/2019	9:50:00	27	Los Vergeles	0.65	3.40	0.75	3.50	0.75	3.50	2.24	2.25	2.25
19/7/2019	10:19:00	24	Los Vergeles	0.60	3.40	0.75	3.50	0.75	3.50	2.19	2.25	2.25
16/8/2019	18:14:00	27	Los Vergeles	0.50	3.40	0.60	3.50	0.60	3.50	2.09	2.10	2.10
17/8/2019	18:43:00	25	Los Vergeles	0.50	3.40	0.60	3.50	0.60	3.50	2.09	2.10	2.10

Estación: Leonor Aguilar

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5028	TO	4.57	0.00	0.00		
5029	IP	4.28	5.00	5.00	2.10	2.18
4020	P1	4.48	0.55	5.55	3.60	0.88
4021	PO	4.34	1.60	7.15	3.60	0.71
5030	PM	4.31	0.42	7.57		
4022	P2	4.07	2.08	9.65	2.75	1.32
5031	FP	4.50	0.50	10.15	3.40	1.10
5032	TF	4.47	8.40	18.55		

Lámina de agua más baja 2.12
Lámina de agua más alta 2.49



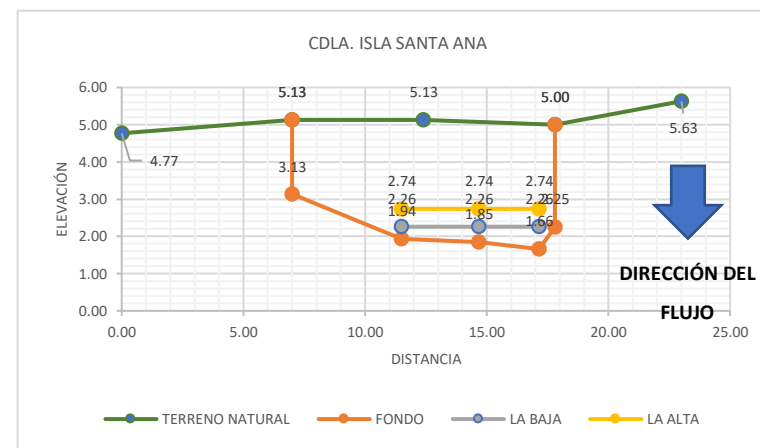
DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
DD/MM/AA	HH:MM:SS	°C										
BAJAMAR												
11/7/2019	9:40:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.25	3.60	1.52	3.60	0.80	2.75	2.13	2.26	2.12
12/7/2019	10:22:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.35	3.60	1.60	3.60	0.90	2.75	2.23	2.34	2.22
17/7/2019	15:09:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.00	2.75	2.38	2.44	2.32
18/7/2019	15:35:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.45	3.60	1.62	3.60	1.00	2.75	2.33	2.36	2.32
19/7/2019	16:30:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.45	3.60	1.60	3.60	1.00	2.75	2.33	2.34	2.32
16/8/2019	12:04:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.75	3.60	1.00	2.75	2.38	2.49	2.32
17/8/2019	12:57:00	25	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.75	3.60	1.05	2.75	2.38	2.49	2.37
PLEAMAR												
11/7/2019	14:51:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.30	3.60	1.40	3.60	0.75	2.75	2.18	2.14	2.07
12/7/2019	15:32:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.30	3.60	1.40	3.60	0.80	2.75	2.18	2.14	2.12
17/7/2019	8:53:00	26	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.10	2.75	2.38	2.44	2.42
18/7/2019	9:56:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.75	3.60	1.00	2.75	2.38	2.49	2.32
19/7/2019	10:25:00	24	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.10	2.75	2.38	2.44	2.42
16/8/2019	18:21:00	27	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.70	3.60	1.00	2.75	2.38	2.44	2.32
17/8/2019	18:54:00	25	Cdla. Leonor Aguilar	1.50	3.60	1.60	3.60	1.10	2.75	2.38	2.34	2.42

Estación: Isla Santa Inés

PUNTO	REF.	COTA TERRENO	DISTANCIA	DIST. ACUM.	H2	COTA FONDO
5034	TO	4.77	0.00	0.00		
5035	IP	5.13	7.00	7.00	2.00	3.13
4026	P2	5.19	4.50	11.50	3.25	1.94
5036	PM	5.13	0.90	12.40		
4025	P0	5.15	2.28	14.68	3.30	1.85
4024	P1	5.06	2.47	17.15	3.40	1.66
5037	FP	5.00	0.65	17.80	2.75	2.25
5038	TF	5.63	5.20	23.00		

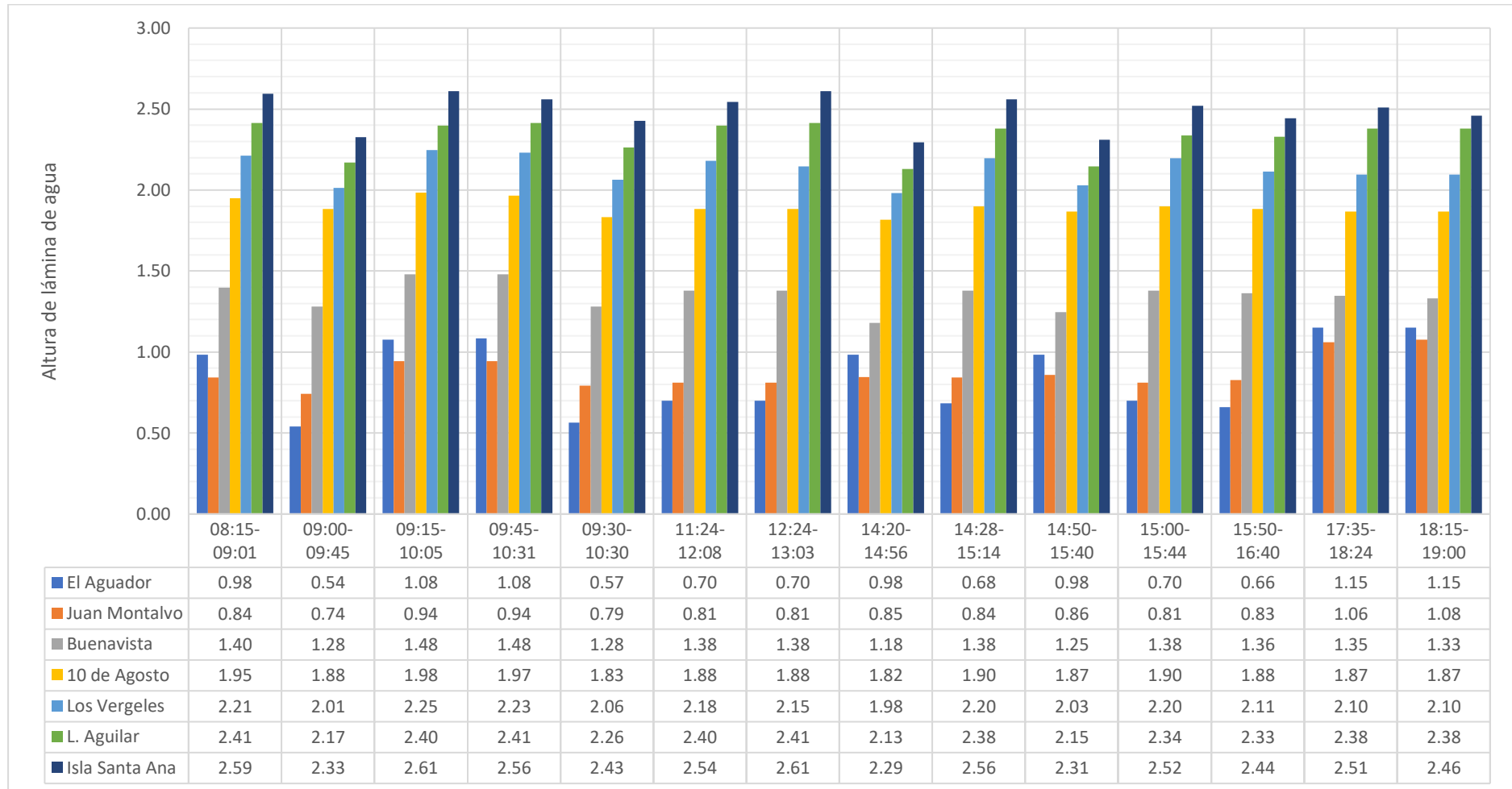
Lámina de agua más baja 2.26
Lámina de agua más alta 2.74



DETALLE DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

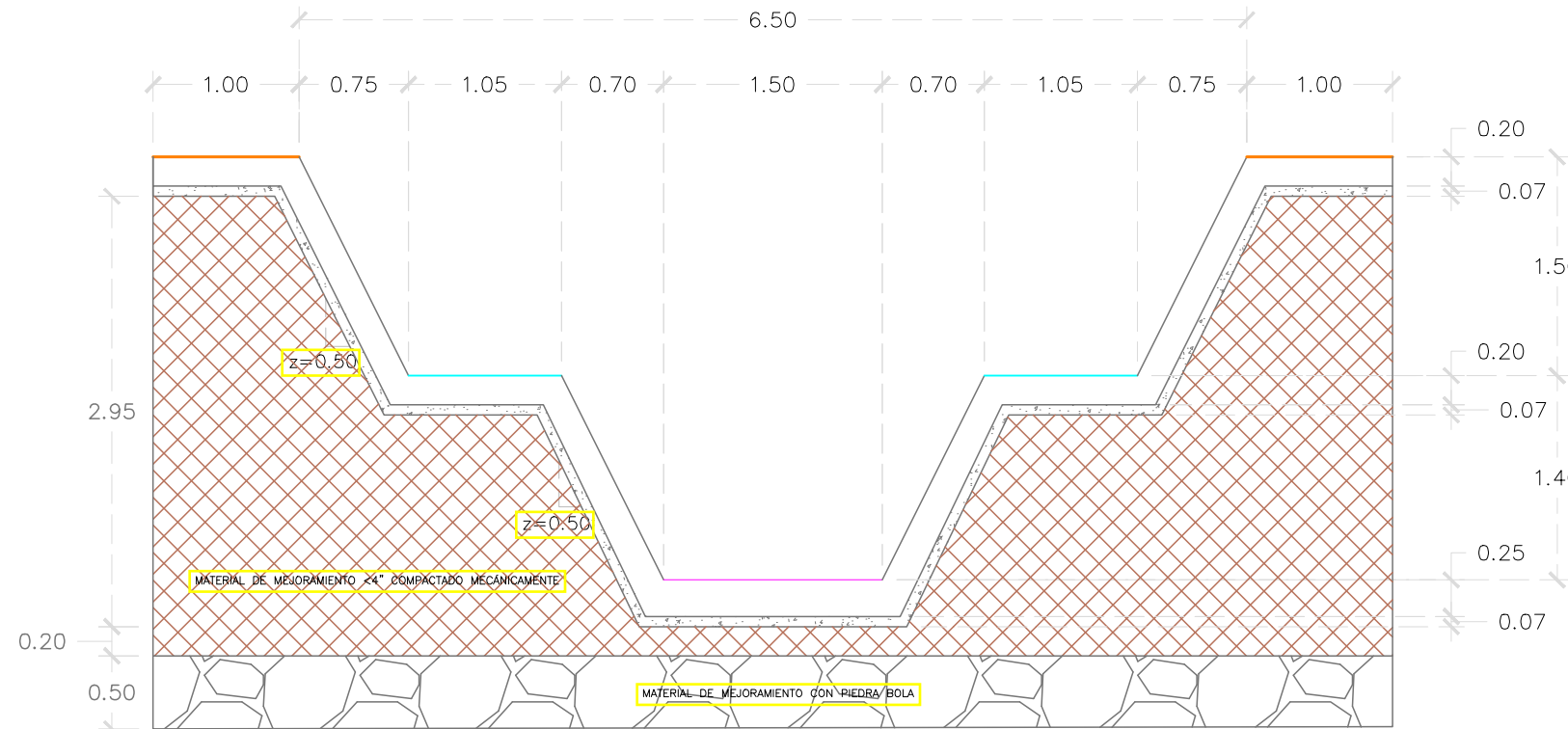
FECHA	HORA	TEMPERATURA	LUGAR INTERSECCIÓN	ALTURAS						COTA DE LÁMINA DE AGUA		
				PUNTO 1		PUNTO 0		PUNTO 2		PUNTO 1	PUNTO 0	PUNTO 2
				H1	H2	H1	H2	H1	H2	(m)	(m)	(m)
BAJAMAR												
11/7/2019	9:45:00	26	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.50	3.30	0.45	3.25	2.39	2.33	2.26
12/7/2019	10:30:00	26	Isla Santa Ana	0.75	3.40	0.60	3.30	0.50	3.25	2.54	2.43	2.31
17/7/2019	15:14:00	26	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.65	3.25	2.69	2.53	2.46
18/7/2019	15:44:00	27	Isla Santa Ana	0.85	3.40	0.68	3.30	0.60	3.25	2.64	2.51	2.41
19/7/2019	16:40:00	24	Isla Santa Ana	0.80	3.40	0.60	3.30	0.50	3.25	2.59	2.43	2.31
16/8/2019	12:08:00	26	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.60	3.25	2.69	2.53	2.41
17/8/2019	13:03:00	25	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.75	3.30	0.70	3.25	2.74	2.58	2.51
PLEAMAR												
11/7/2019	14:56:00	26	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.45	3.30	0.40	3.25	2.39	2.28	2.21
12/7/2019	15:40:00	24	Isla Santa Ana	0.60	3.40	0.45	3.30	0.45	3.25	2.39	2.28	2.26
17/7/2019	9:01:00	26	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.70	3.30	0.70	3.25	2.74	2.53	2.51
18/7/2019	10:05:00	27	Isla Santa Ana	0.95	3.40	0.75	3.30	0.70	3.25	2.74	2.58	2.51
19/7/2019	10:31:00	24	Isla Santa Ana	0.90	3.40	0.70	3.30	0.65	3.25	2.69	2.53	2.46
16/8/2019	18:24:00	27	Isla Santa Ana	0.80	3.40	0.70	3.30	0.60	3.25	2.59	2.53	2.41
17/8/2019	19:00:00	25	Isla Santa Ana	0.70	3.40	0.65	3.30	0.60	3.25	2.49	2.48	2.41

Anexo 7. Cuadro de niveles de agua en función de la hora de aforo.



Anexo 8. Elementos de curva de alineamiento. Canal "El Macho"

Elementos de curva													
Nº curva	Dirección	A. Deflexión	Radio	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI: 1	S41° 24' 07.02"E	004°14'12"	200.00	7.40	14.79	14.79	0.14	0.14	2+03.76	1+96.36	2+11.15	9640966.71	616861.383
PI: 2	S41° 55' 02.46"E	005°16'03"	200.00	9.20	18.39	18.38	0.21	0.21	6+53.55	6+44.35	6+62.74	9640618.56	617445.273
PI: 3	S39° 54' 53.36"E	009°16'21"	100.00	8.11	16.18	16.17	0.33	0.33	9+18.03	9+09.92	9+26.11	9640430.07	617404.898
PI: 4	S54° 08' 11.66"E	037°42'58"	50.00	17.08	32.91	32.32	2.84	2.68	10+73.02	10+55.94	10+88.86	9640303.52	617602.339
PI: 5	S67° 22' 05.81"E	011°15'10"	100.00	9.85	19.64	19.61	0.48	0.48	19+62.23	19+52.38	19+72.02	9640043.09	618384.237
PI: 6	S81° 11' 19.46"E	038°53'37"	80.00	28.25	54.31	53.27	4.84	4.56	21+87.43	21+59.18	22+13.49	9639936.45	618634.314
PI: 7	S80° 00' 14.34"E	041°15'47"	40.00	15.06	28.81	28.19	2.74	2.57	23+84.05	23+68.99	23+97.80	9639973.14	618809.296
PI: 8	S69° 56' 57.30"E	021°09'13"	100.00	18.67	36.92	36.71	1.73	1.70	25+68.14	25+49.46	25+86.38	9639878.69	619011.125

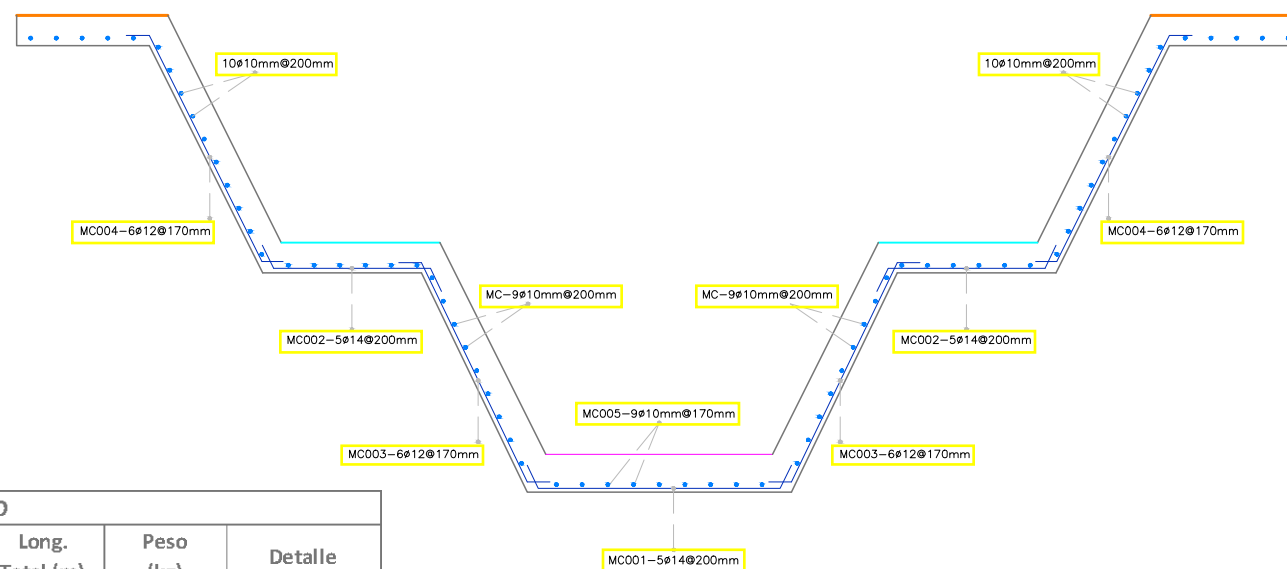


PARAMETROS DE DISEÑO

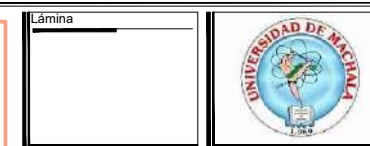
- Especificaciones ACI 318s-14.
- Concreto reforzado $f'c = 21\text{MPa}$.
- Acero $f_y = 420\text{MPa}$.
- Recubrimiento libre de refuerzo 0.02m a menos que se indique lo contrario.
- Traslape mínimo para el acero de refuerzo de 10 mm será de 0.30m.
- Talud de diseño 1:1/2.

NOTAS GENERALES

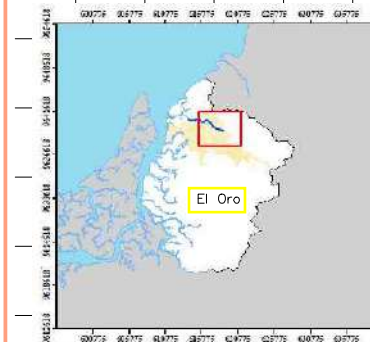
- La estructura debe cimentarse sobre un suelo de concreto pobre, $f'c = 14\text{MPa}$ de 0.07m de espesor.
- En la junta de construcción, con el concreto endurecido, la superficie de contacto para la transferencia de concreto debe estar limpia.



PLANILLA DE HIERRO PARA FRANJA DE DISEÑO DE UN METRO										
MC	Diámetro (ϕ) (mm)	Tipo	Cant.	Dimensiones (mm)			Long. Parcial	Long. Total (m)	Peso (kg)	Detalle
				a	b	c				
Acero por de refuerzo										
001	14.00	C	5.00	168	1600	168	2.00	10.00	12.10	Solera inferior
002	14.00	Z	5.00	168	1050	168	1.40	7.00	8.50	Solera superior
003	12.00	Z	6.00	144	1600	144	1.90	11.40	10.20	Talud inferior
004	12.00	Z	6.00	144	1670	144	2.00	12.00	10.70	Talud superior
Acero por retracción y temperatura										
005	10.00	I	9.00	-	1000	-	1.00	9.00	5.60	Solera inferior
006	10.00	I	6.00	-	1000	-	1.00	6.00	3.70	Solera superior
007	10.00	I	8.00	-	1000	-	1.00	8.00	4.90	Talud inferior
008	10.00	I	10.00	-	1000	-	1.00	10.00	6.20	Talud superior
009	10.00	I	5.00	-	1600	-	1.60	8.00	4.90	Solera inferior
0010	10.00	I	5.00	-	1050	-	1.10	5.50	3.40	Solera superior
0011	10.00	I	6.00	-	1600	-	1.60	9.60	5.90	Talud inferior
0012	10.00	I	6.00	-	1670	-	1.70	10.20	6.30	Talud superior
								Total acero (Kg)	82.40	FRANJA DE 1 m



PLANO DE UBICACIÓN



Especificaciones Técnicas

INFORMACIÓN HIDRÁULICA:

Q mín: 3.125 m³/s
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 Vel. mín (v): 1.325 m/s
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO

Q max: 20.772 m³/s
 Tirante (y): 2.526 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 Vel. mín (v): 2.174 m/s
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho" Parroquia: La Providencia

Provincia: El Oro Cantón: Machala

Archivo:

Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona: 17 Sur

Entidad:

Procedimiento de campo:

Proyecto/Práctica:

Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"

Contiene:

Diseño estructural para una franja de 1 m

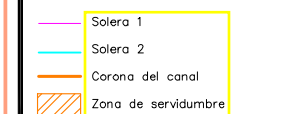
Elaborado por:

JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

Revisado por:

ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA, M.Sc.

Detalles:

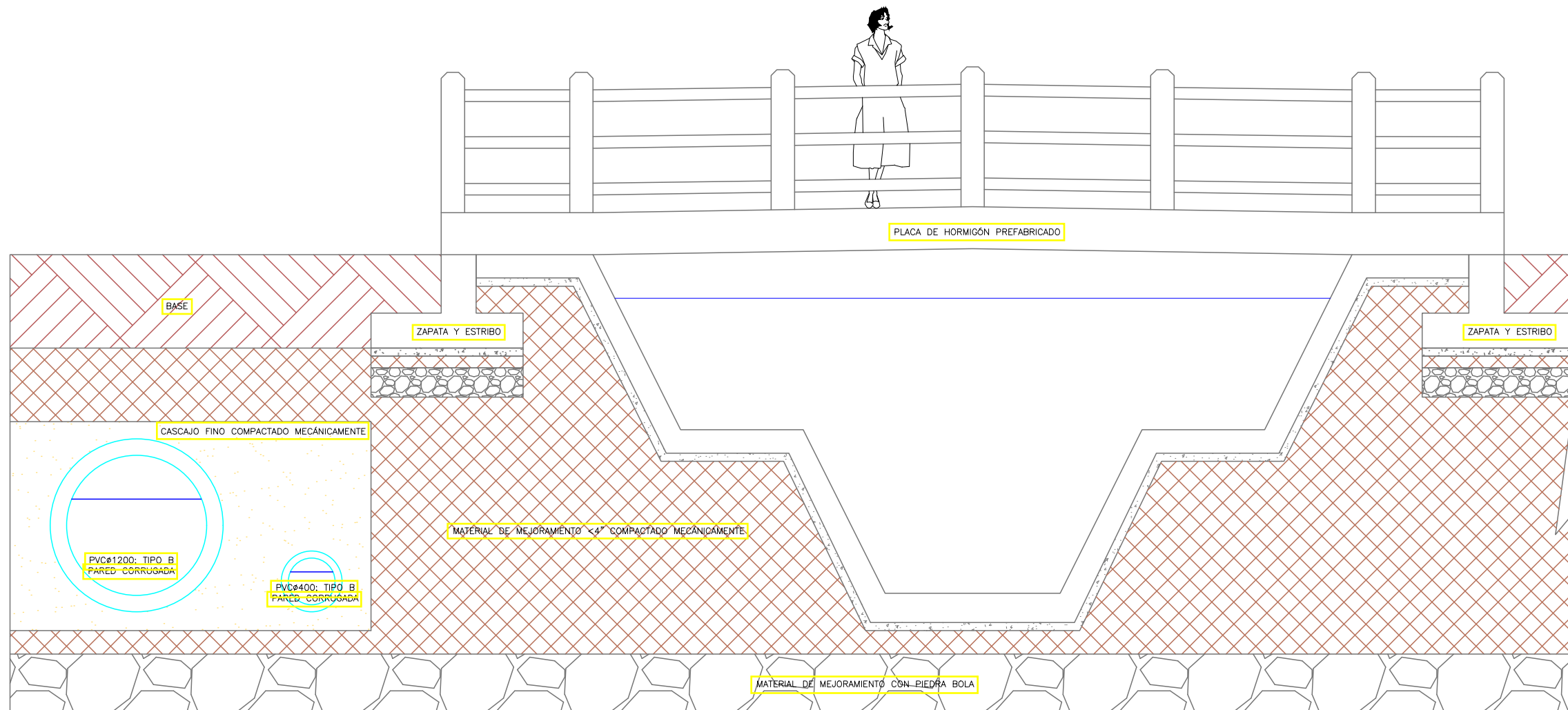
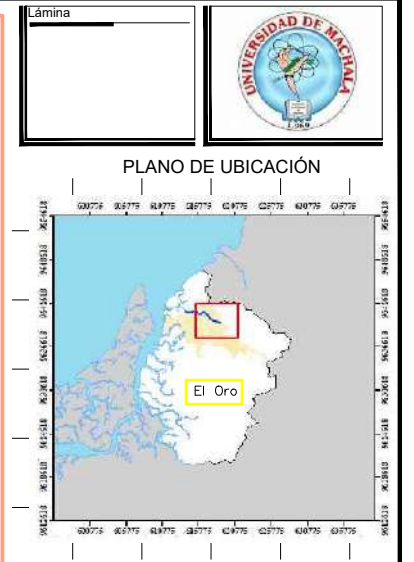


Fecha: 09/2019 No. de Plano:

Escala: 1:50 1/1



DETALLE DE OBRAS COMPLEMENTARIAS



Especificaciones Técnicas

INFORMACIÓN HIDRÁULICA:

Q mín: 3.125 m³/s
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 Vel. mín (v): 1.325 m/s
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO

Q max: 20.772 m³/s
 Tirante (y): 2.526 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 Vel. mín (v): 2.174 m/s
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho"	Parroquia: La Providencia
Provincia: El Oro	Cantón: Machala
Archivo:	

Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proj. Cart. - UTM Zona: 17 Sur

Entidad:

Procedimiento de campo:

Proyecto/Práctica:
 Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación:
 Caso de estudio "Canal El Macho"

Contiene:
 Obras complementarias:
 Sistema de alcantarillado pluvial y sanitario
 Puente sobre el canal

Elaborado por:
 JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

Revisado por:
 ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA,
 M.Sc.

Detalles:

	Solera 1
	Solera 2
	Corona del canal
	Zona de servidumbre

Fecha: 09/2019	No. de Plano 1
Escala: 1:50	

Facultad de Ingeniería Civil - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA



Anexo 10. Testigo fotográfico.



TF 1. Nivelación en las principales calles de la ciudad de Machala



TF 2 Nivelación en las principales calles de la ciudad.



TF 3. Fotogrametría en zonas aledañas al canal El Macho.



TF 4. Preparación del equipo de aforo.



TF 5. Marcas en los puentes sobre el canal.



TF 6. Trabajos de aforo al canal El Macho.



TF 7. Puente en la calle Guayas, cercano al monumento El Aguador.



TF 8. Canal El Macho desde el puente de la calle Juan Montalvo



TF 9. Canal El Macho desde puente en la calle Buenavista.



TF 10. Canal El Macho desde el puente en la calle Diez de Agosto.



TF 11. Puente ubicado sobre la vía principal de Los Vergeles.

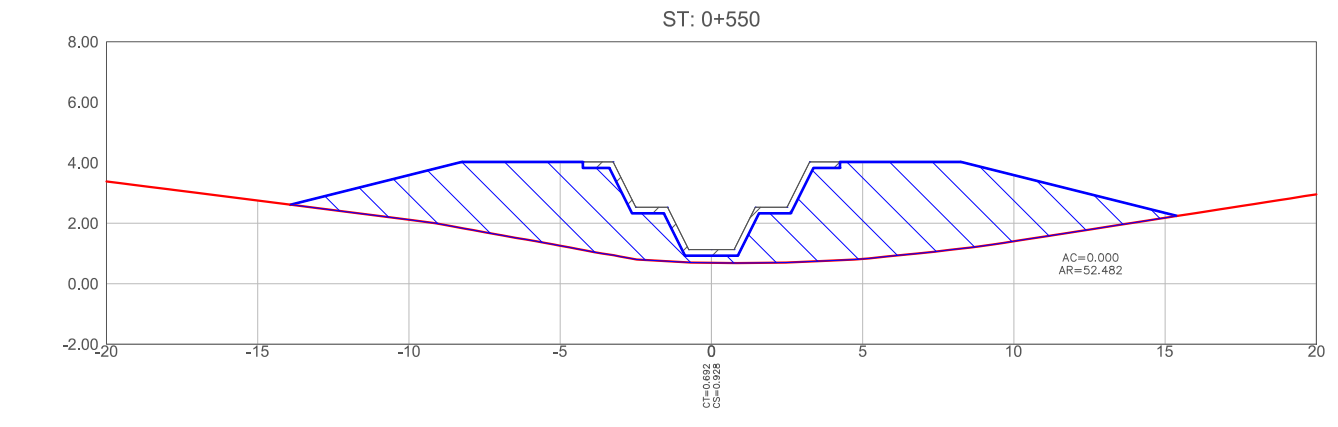
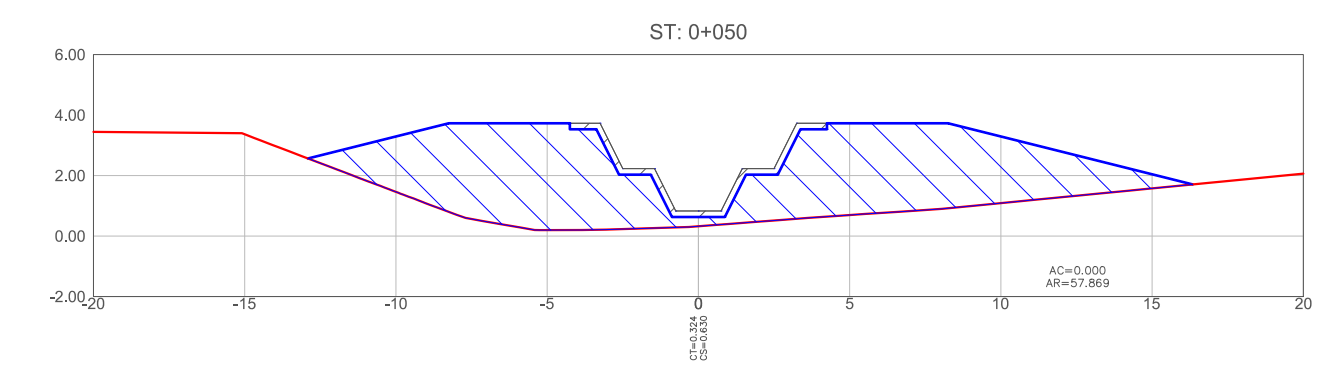
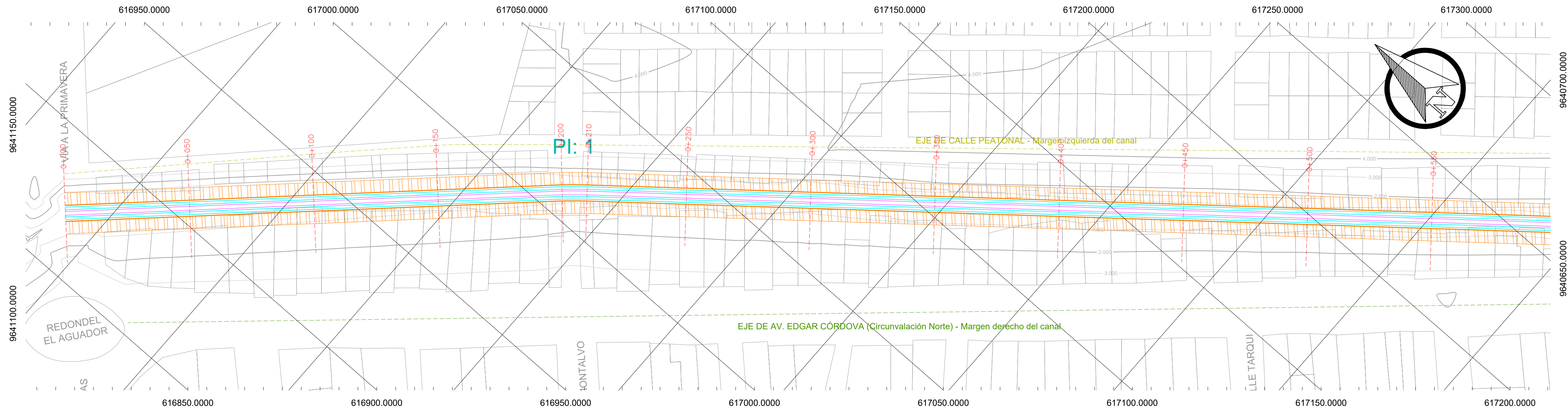


TF 12. Canal El Macho desde el puente en la Lotización Leonor Aguilar.

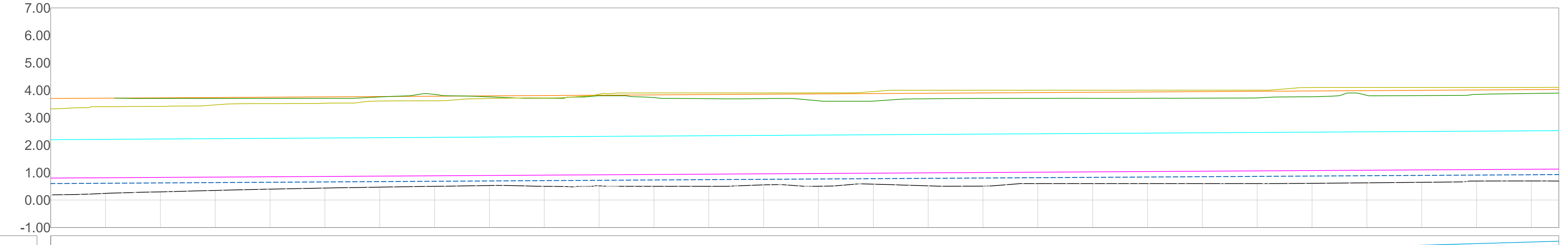


TF 13. Contaminación del canal El Macho en la zona urbana.

ALINEAMIENTO 0+000.00 - 0+550.00 ESCALA 1:1000



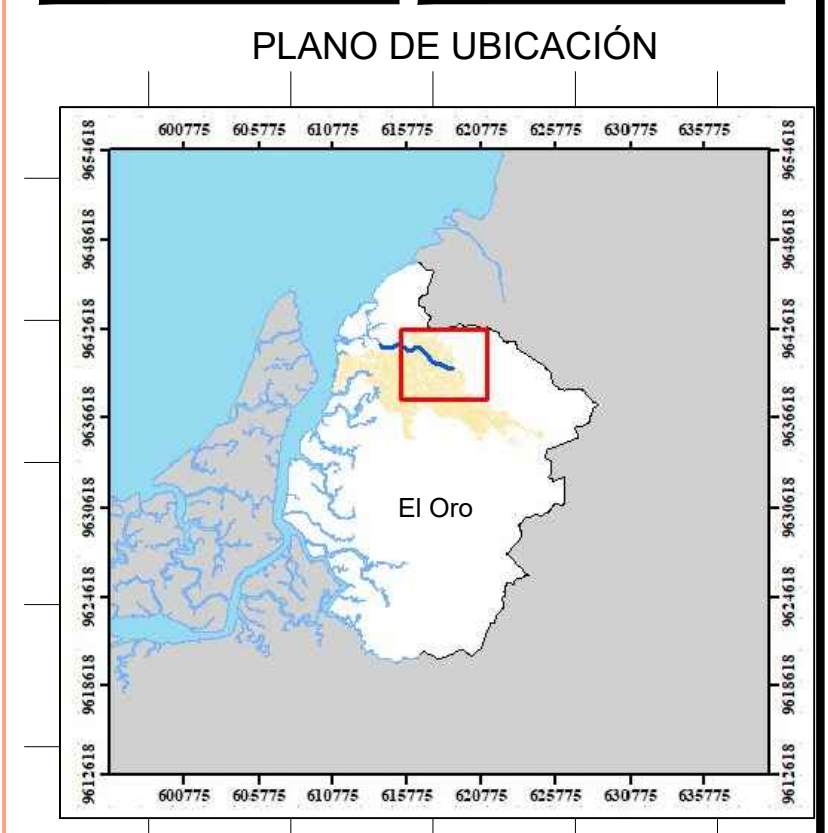
PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 0+550.00 ESCALA H 1:100 - ESCALA V 1:1000



$Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{max} = 2.174 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen= SUBCRÍTICO
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{min} = 1.325 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen= SUBCRÍTICO

ABSCISA	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360	0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+480	0+500	0+520	0+540	0+550	
COTA DE TERRENO	0.200	0.243	0.297	0.349	0.397	0.437	0.470	0.500	0.528	0.499	0.517	0.499	0.499	0.553	0.503	0.578	0.517	0.508	0.599	0.600	0.600	0.600	0.600	0.609	0.627	0.647	0.693	0.695	0.692	
COTA DE SUBRASANTE		0.612	0.624	0.636	0.648	0.660	0.671	0.683	0.695	0.707	0.719	0.731	0.743	0.755	0.767	0.779	0.791	0.803	0.815	0.826	0.838	0.850	0.862	0.874	0.886	0.898	0.910	0.922	0.928	
CORTE		0.369	0.327	0.287	0.250	0.223	0.201	0.184	0.167	0.208	0.202	0.232	0.244	0.202	0.264	0.200	0.273	0.295	0.215	0.227	0.239	0.250	0.262	0.265	0.259	0.251	0.217	0.226	0.236	
RELLENO																														
COTA DE SOLERA 1	0.900	0.812	0.824	0.836	0.848	0.860	0.872	0.883	0.895	0.907	0.919	0.931	0.943	0.955	0.967	0.979	0.991	1.003	1.015	1.026	1.038	1.050	1.062	1.074	1.086	1.098	1.110	1.122	1.128	
COTA DE SOLERA 2	2.200	2.212	2.224	2.236	2.248	2.260	2.272	2.283	2.295	2.307	2.319	2.331	2.343	2.355	2.367	2.379	2.391	2.403	2.415	2.426	2.438	2.450	2.462	2.474	2.486	2.498	2.510	2.522	2.528	
COTA DE CORONA	3.700	3.712	3.724	3.736	3.748	3.760	3.772	3.783	3.795	3.807	3.819	3.831	3.843	3.855	3.867	3.879	3.891	3.903	3.915	3.926	3.938	3.950	3.962	3.974	3.986	3.998	4.010	4.022	4.028	
COTA DE BORDE DERECHO		3.702	3.704	3.705	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	3.707	
COTA DE BORDE IZQUIERDO	3.924	3.401	3.410	3.467	3.513	3.527	3.607	3.616	3.701	3.721	3.857	3.901	3.902	3.902	3.906	3.953	4.000	4.001	4.001	4.001	4.002	4.002	4.003	4.099	4.102	4.101	4.101	4.101	4.105	

Lámina



Especificaciones Técnicas

INFORMACIÓN HIDRÁULICA:
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 Vel. min (v): 1.325 m/s
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO

$Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 2.528 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 Vel. min (v): 2.174 m/s
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho" Parroquia: La Providencia
 Provincia: El Oro Cantón: Machala
 Archivo:
 Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proj. Cart. - UTM Zona 17 Sur
 Entidad:
 Procedimiento de campo:
 Proyecto/Práctica:
 Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"

Contiene:
 Alineamiento y perfil longitudinal del canal "El Macho". Abs.: 0+000.00 - 0+550.00

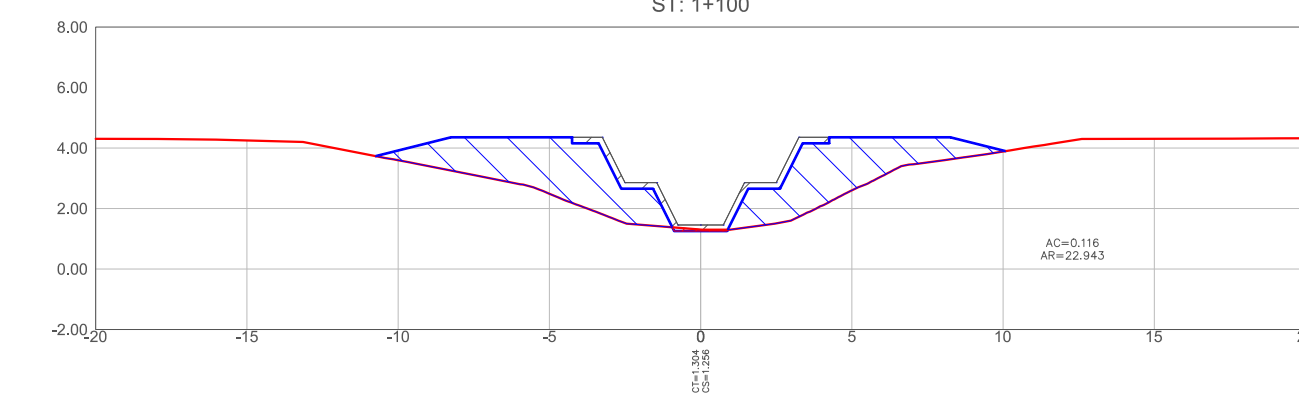
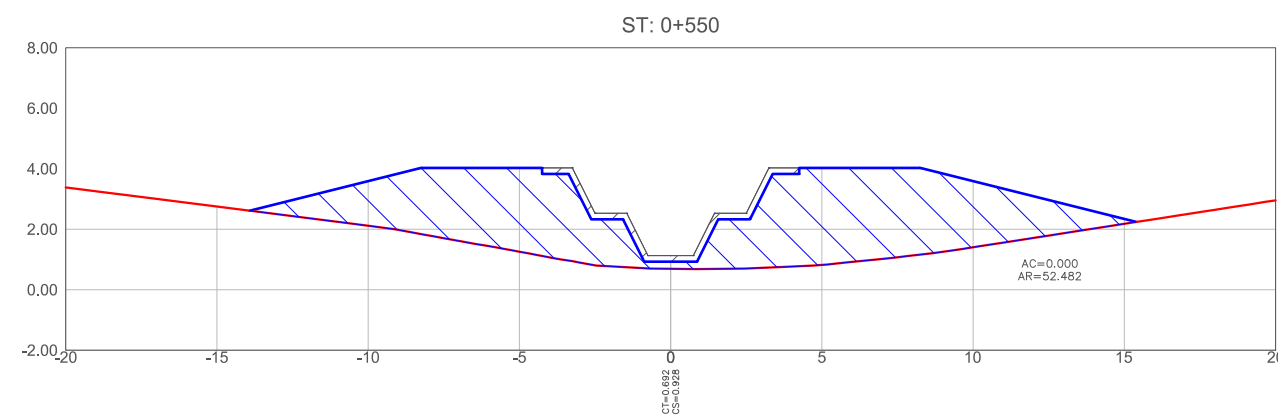
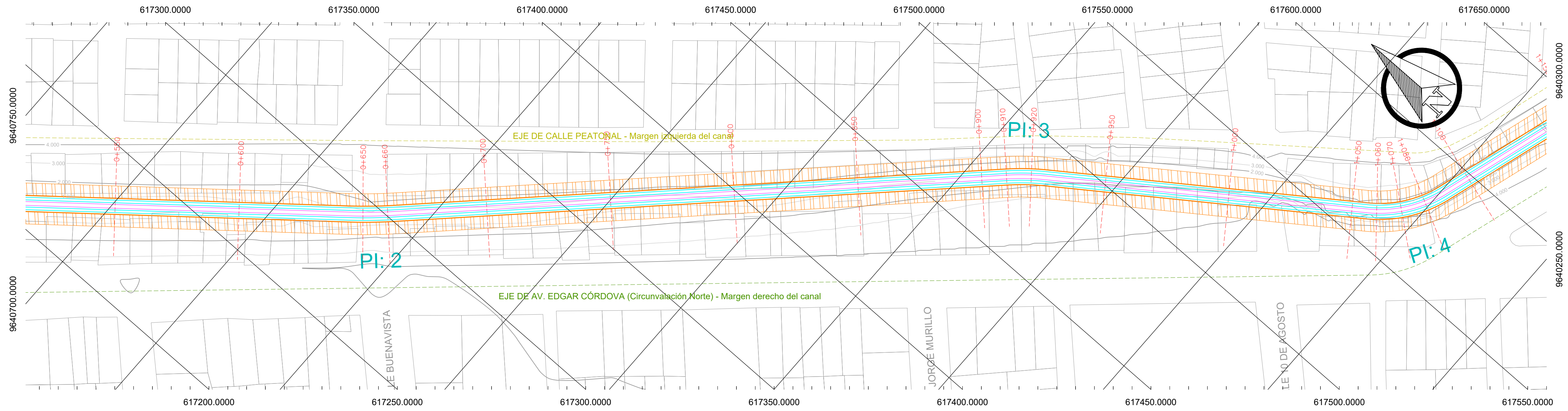
Elaborado por:
 JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

Revisado por:
 ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA, M.Sc.

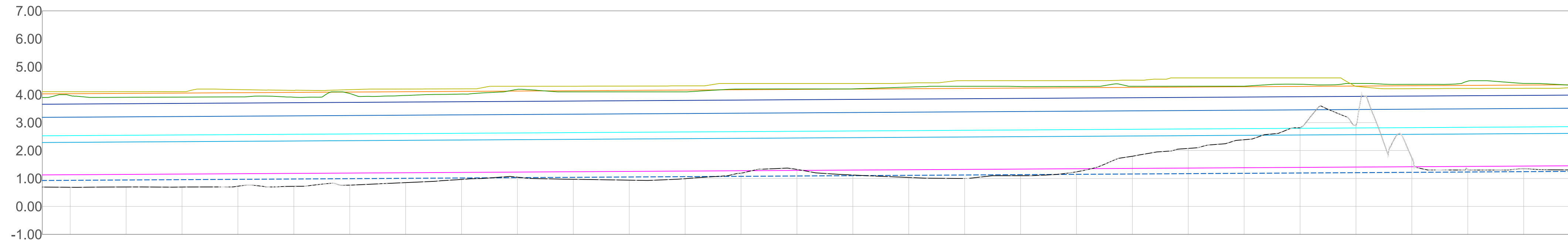
Detalles:

Fecha: 09/2019 No. de Plano: 1/5
 Escala: Indicadas

ALINEAMIENTO 0+550.00 - 1+100.00 ESCALA 1:1000

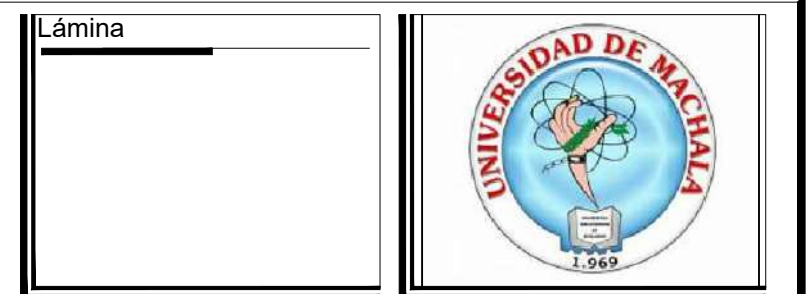


PERFIL LONGITUDINAL 0+550.00 - 1+100.00 ESCALA H 1:100 - ESCALA V 1:1000

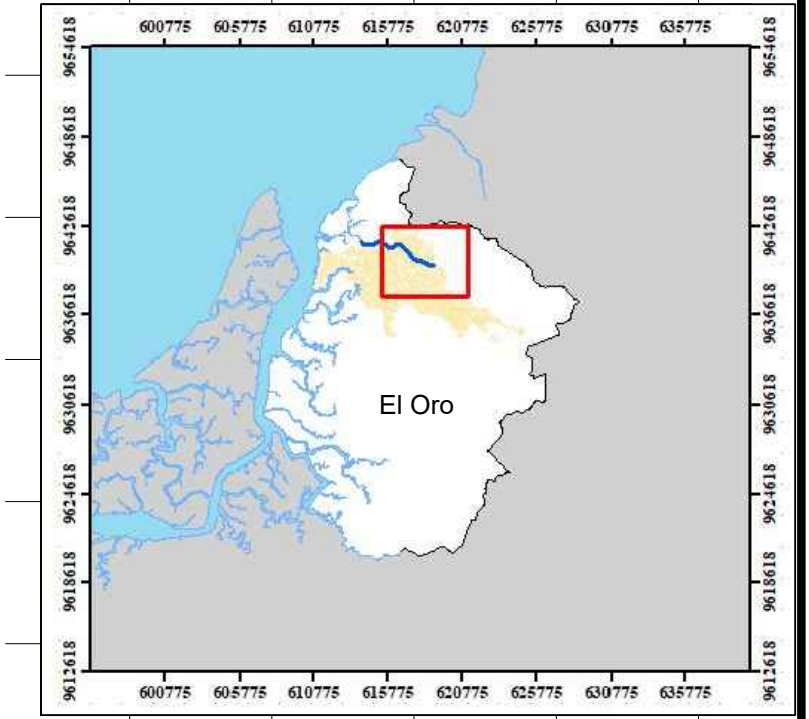


$Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{max} = 2.174 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen = SUBCRÍTICO
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{min} = 1.325 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen = SUBCRÍTICO

ABSCISA	0+550	0+560	0+580	0+600	0+620	0+640	0+660	0+680	0+700	0+720	0+740	0+760	0+780	0+800	0+820	0+840	0+860	0+880	0+900	0+920	0+940	0+960	0+980	1+000	1+020	1+040	1+060	1+080	1+100
COTA DE TERRENO	0.682	0.686	0.695	0.693	0.723	0.718	0.762	0.852	0.966	1.045	0.970	0.939	0.983	1.192	1.323	1.123	1.036	1.000	1.100	1.238	1.796	2.387	2.815	2.912	1.735	1.352	1.304	1.304	
COTA DE SUBRASANTE	0.928	0.934	0.946	0.958	0.969	0.981	0.993	1.005	1.017	1.029	1.041	1.053	1.065	1.077	1.089	1.101	1.113	1.124	1.136	1.148	1.160	1.184	1.196	1.208	1.220	1.232	1.244	1.256	1.268
CORTE										0.016				0.115	0.235	0.023				0.090	0.635	0.904	1.203	1.619	1.704	0.515	0.092	0.108	0.049
RELLENO	0.236	0.248	0.251	0.265	0.246	0.264	0.231	0.154	0.051		0.071	0.113	0.072				0.077	0.124	0.036										
COTA DE SOLERA 1	1.128	1.134	1.146	1.158	1.170	1.181	1.193	1.205	1.217	1.229	1.241	1.253	1.265	1.277	1.289	1.301	1.313	1.324	1.336	1.348	1.360	1.384	1.396	1.408	1.420	1.432	1.444	1.456	1.468
COTA DE SOLERA 2	2.528	2.534	2.546	2.558	2.570	2.581	2.593	2.605	2.617	2.629	2.641	2.653	2.665	2.677	2.689	2.701	2.713	2.724	2.736	2.748	2.760	2.784	2.796	2.808	2.820	2.832	2.844	2.856	2.868
COTA DE CORONA	4.028	4.034	4.046	4.058	4.070	4.081	4.093	4.105	4.117	4.129	4.141	4.153	4.165	4.177	4.189	4.201	4.213	4.224	4.236	4.248	4.260	4.284	4.296	4.308	4.320	4.332	4.344	4.356	4.368
COTA DE BORDE DERECHO	3.897	3.968	3.906	3.913	3.919	3.909	4.041	3.972	4.020	4.188	4.100	4.101	4.101	4.202	4.205	4.207	4.272	4.300	4.292	4.295	4.300	4.302	4.373	4.402	4.368	4.483	4.402	4.321	4.321
COTA DE BORDE IZQUIERDO	4.105	4.105	4.106	4.107	4.182	4.151	4.178	4.202	4.208	4.300	4.301	4.308	4.315	4.400	4.400	4.400	4.416	4.501	4.502	4.502	4.519	4.600	4.600	4.600	4.298	4.214	4.222	4.227	4.257



PLANO DE UBICACIÓN



Especificaciones Técnicas

INFORMACIÓN HIDRÁULICA:
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 $Vel. min (v) = 1.325 \text{ m/s}$
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO

$Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 2.528 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 $Vel. min (v) = 2.174 \text{ m/s}$
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho" Parroquia: La Providencia
 Provincia: El Oro Cantón: Machala
 Archivo:

Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proj.Cart. - UTM Zona 17 Sur

Entidad:

Procedimiento de campo:

Proyecto/Práctica:
 Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"

Contiene:
 Alineamiento y perfil longitudinal del canal "El Macho". Abs.: 0+550.00 - 1+100.00

Elaborado por:
 JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

Revisado por:
 ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA, M.Sc.

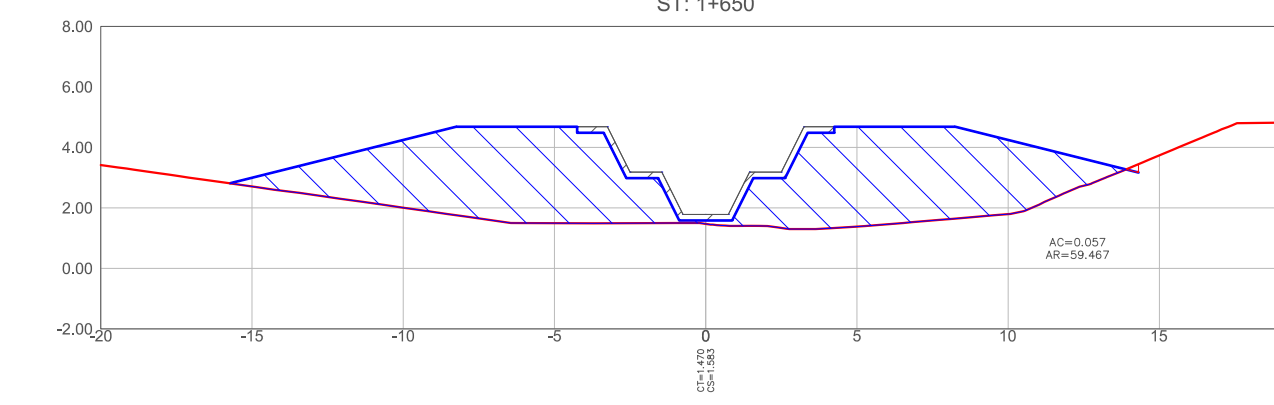
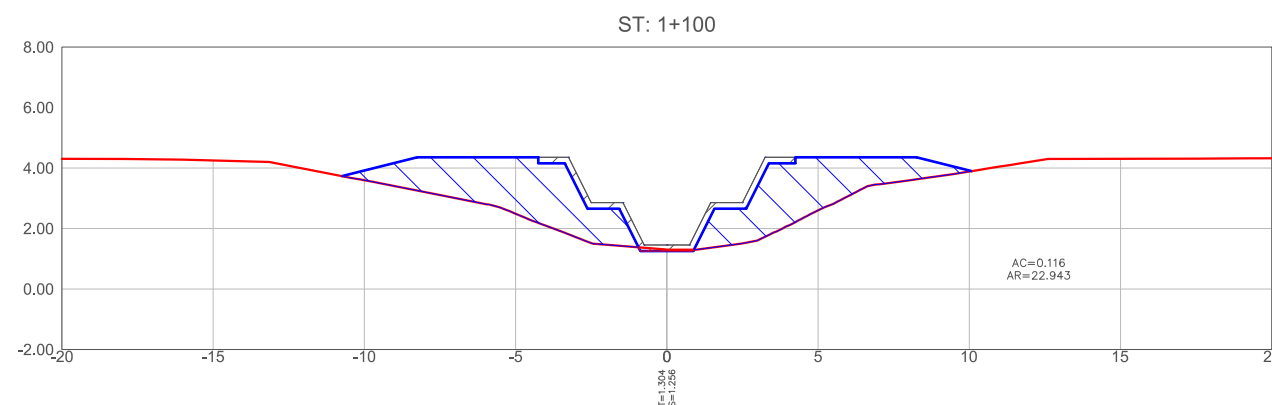
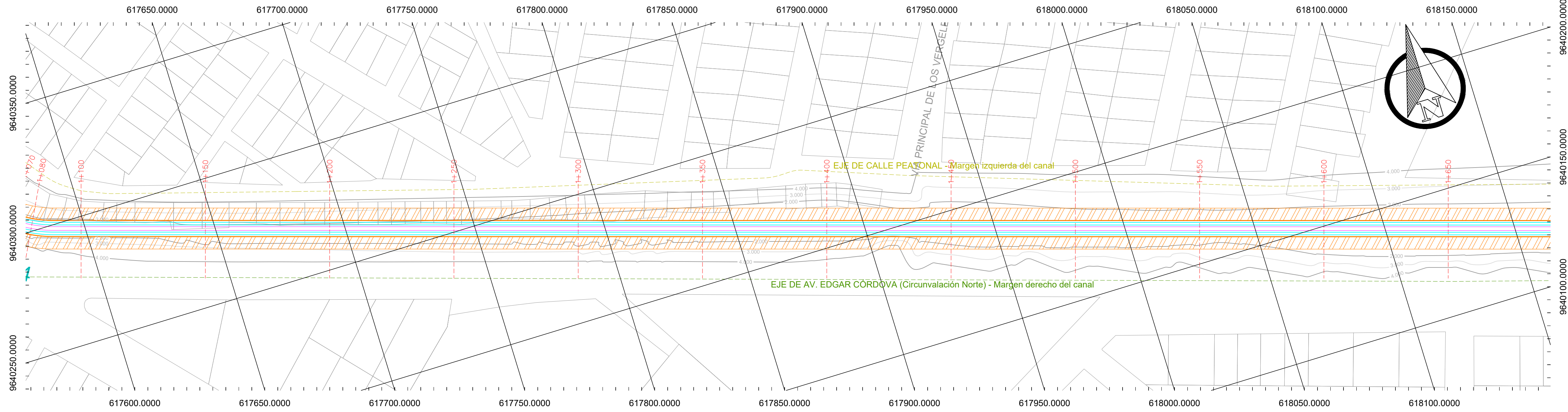
- Detalles:
- Barrios
 - Predios
 - Curva de nivel primaria
 - Curva de nivel secundaria
 - Subrasante
 - Solera 1
 - Solera 2
 - Corona del canal
 - Zona de servidumbre
 - Eje vial margen derecha
 - Eje vial margen izquierda

Fecha: 09/2019 No. de Plano

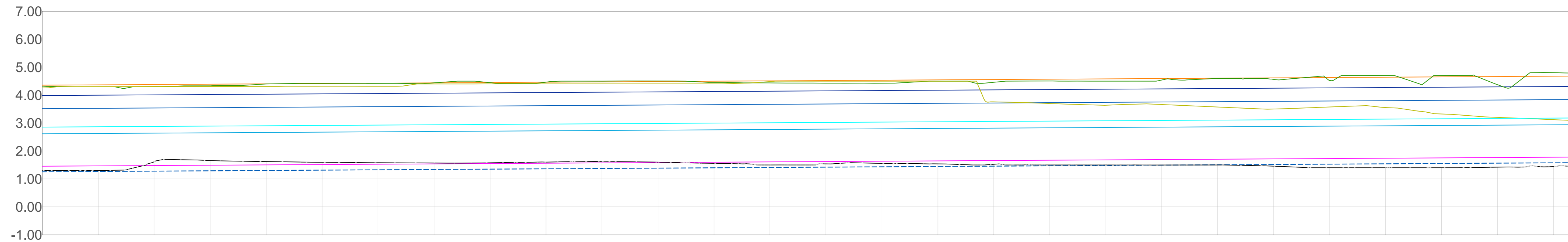
Escala: Indicadas 2/5



ALINEAMIENTO 1+100.00 - 1+650.00 ESCALA 1:1000

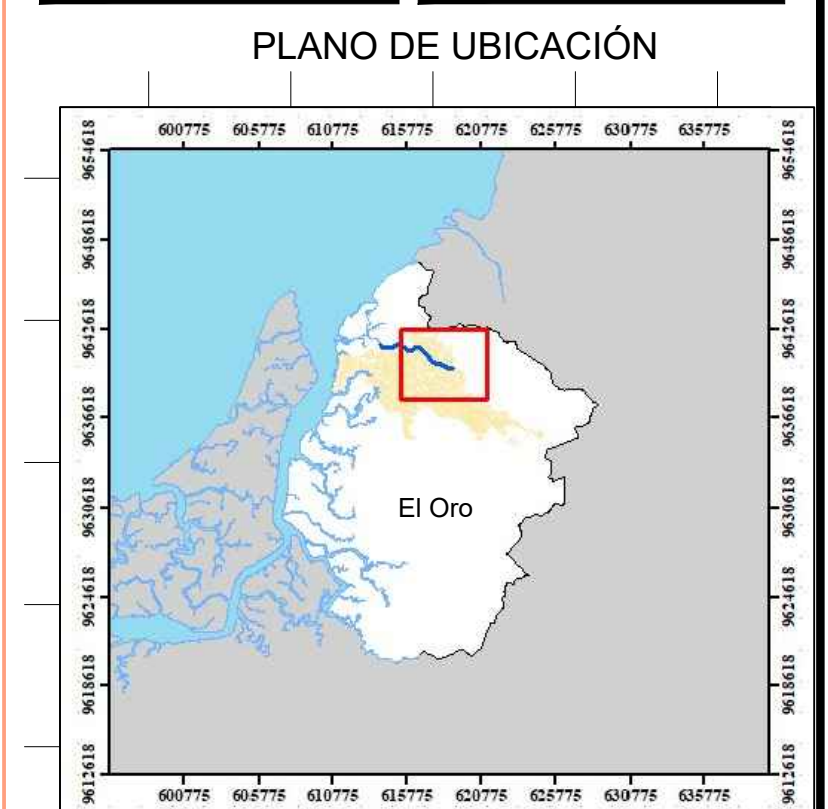


PERFIL LONGITUDINAL 1+100.00 - 1+650.00 ESCALA H 1:100 - ESCALA V 1:1000



$Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{max} = 2.174 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen = SUBCRÍTICO
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$ $v_{min} = 1.325 \text{ m/s}$ $S = 0.06\%$ $L = 550 \text{ m}$ Régimen = SUBCRÍTICO

ABSCISA	1+100	1+120	1+140	1+160	1+180	1+200	1+220	1+240	1+260	1+280	1+300	1+320	1+340	1+360	1+380	1+400	1+420	1+440	1+460	1+480	1+500	1+520	1+540	1+560	1+580	1+600	1+620	1+640	1+650
COTA DE TERRENO	1.304	1.301	1.617	1.656	1.622	1.597	1.580	1.570	1.578	1.602	1.618	1.602	1.559	1.500	1.540	1.559	1.540	1.525	1.500	1.500	1.499	1.500	1.457	1.400	1.400	1.400	1.422	1.442	1.470
COTA DE SUBRASANTE	1.304	1.301	1.617	1.656	1.622	1.597	1.580	1.570	1.578	1.602	1.618	1.602	1.559	1.500	1.540	1.559	1.540	1.525	1.500	1.500	1.499	1.500	1.457	1.400	1.400	1.400	1.422	1.442	1.470
CORTE	0.049	0.034	0.337	0.385	0.319	0.282	0.253	0.231	0.227	0.239	0.243	0.215	0.161	0.089	0.117	0.125	0.093	0.067	0.030	0.018	0.005	0.006	0.061	0.130	0.142	0.154	0.143	0.136	0.113
RELLENO																													
COTA DE SOLERA 1	1.456	1.468	1.479	1.491	1.503	1.515	1.527	1.539	1.551	1.563	1.575	1.587	1.599	1.611	1.622	1.634	1.646	1.658	1.670	1.682	1.694	1.706	1.718	1.730	1.742	1.754	1.766	1.777	1.783
COTA DE SOLERA 2	2.856	2.868	2.879	2.891	2.903	2.915	2.927	2.939	2.951	2.963	2.975	2.987	2.999	3.011	3.022	3.034	3.046	3.058	3.070	3.082	3.094	3.106	3.118	3.130	3.142	3.154	3.166	3.177	3.183
COTA DE CORONA	4.356	4.368	4.379	4.391	4.403	4.415	4.427	4.439	4.451	4.463	4.475	4.487	4.499	4.511	4.522	4.534	4.546	4.558	4.570	4.582	4.594	4.606	4.618	4.630	4.642	4.654	4.666	4.677	4.683
COTA DE BORDE DERECHO	4.321	4.297	4.304	4.333	4.400	4.422	4.421	4.441	4.447	4.465	4.500	4.505	4.458	4.438	4.429	4.427	4.500	4.460	4.506	4.500	4.542	4.600	4.562	4.517	4.701	4.702	4.371	4.803	4.784
COTA DE BORDE IZQUIERDO	4.257	4.305	4.307	4.311	4.313	4.318	4.317	4.400	4.402	4.403	4.403	4.403	4.403	4.486	4.500	4.500	4.500	3.760	3.700	3.637	3.664	3.574	3.503	3.576	3.556	3.325	3.203	3.121	3.082



Especificaciones Técnicas
INFORMACIÓN HIDRÁULICA:
 $Q_{min} = 3.125 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 Vel. min (v): 1.325 m/s
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO
 $Q_{max} = 20.772 \text{ m}^3/\text{s}$
 Tirante (y): 2.528 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 Vel. min (v): 2.174 m/s
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho" Parroquia: La Providencia
 Provincia: El Oro Cantón: Machala
 Archivo:
 Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proj. Cart. - UTM Zona 17 Sur
 Entidad:
 Procedimiento de campo:
 Proyecto/Práctica:
 Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"

Elaborado por:
 JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

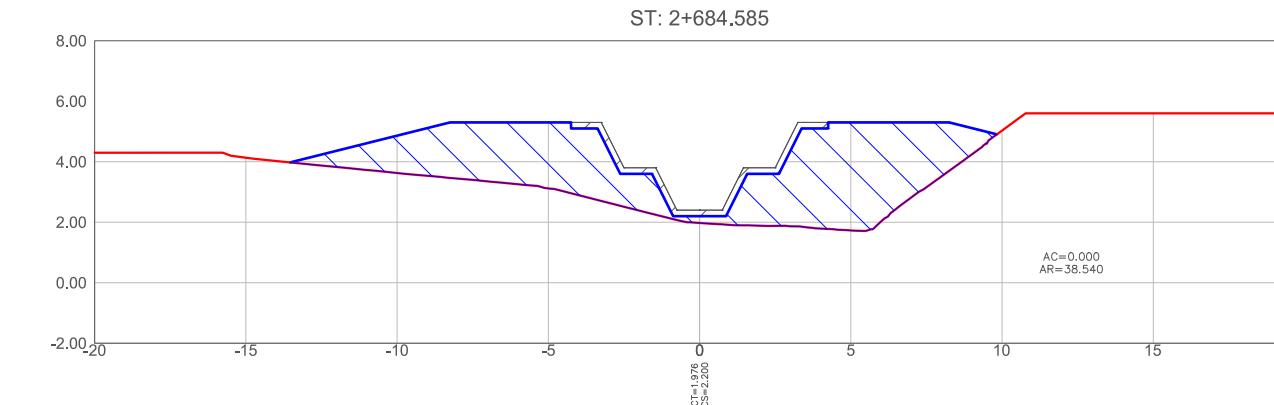
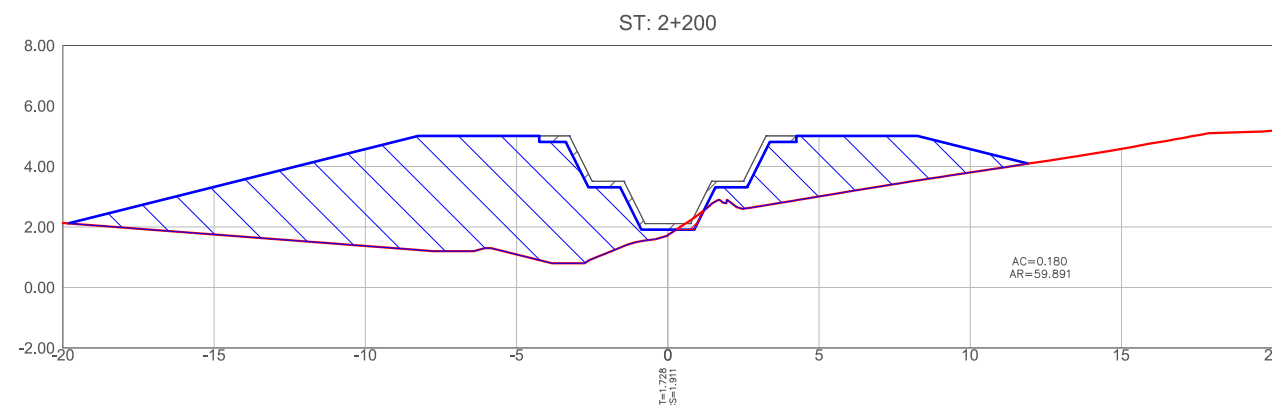
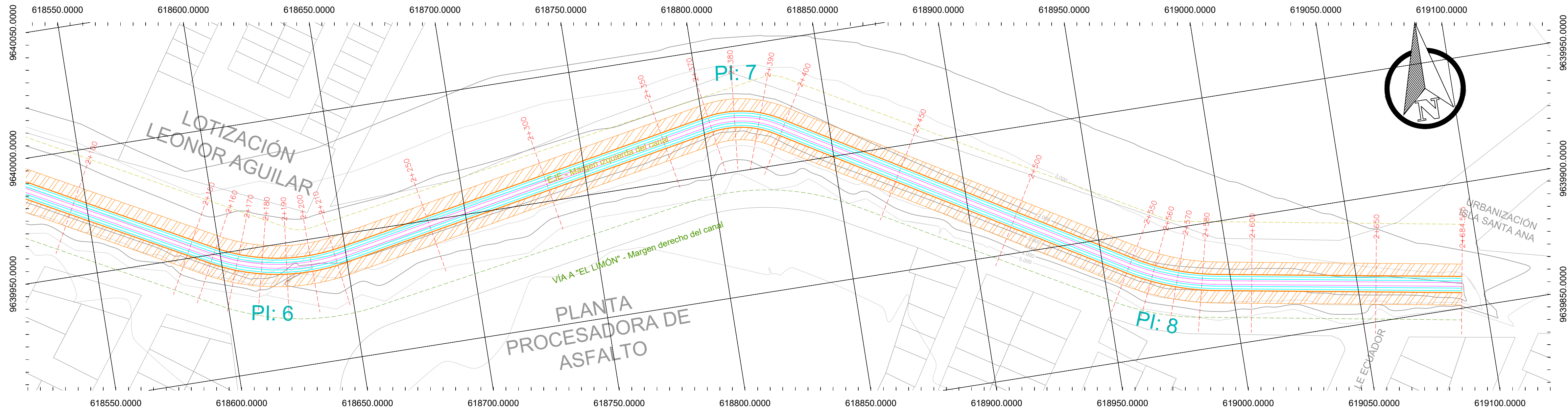
Revisado por:
 ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA, M.Sc.

Detalles:
 Barrios
 Predios
 Curva de nivel primaria
 Curva de nivel secundaria
 Subrasante
 Solera 1
 Solera 2
 Corona del canal
 Zona de servidumbre
 Eje vial margen derecha
 Eje vial margen izquierda

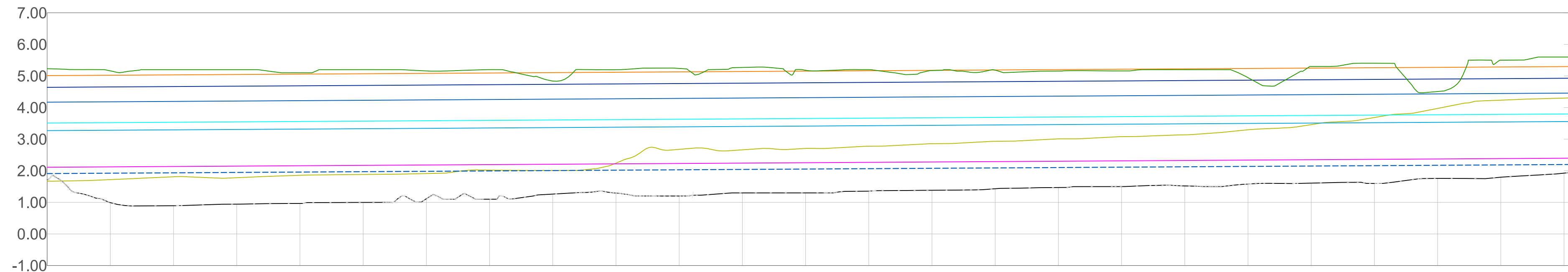
Fecha: 09/2019 No. de Plano: 3/5
 Escala: Indicadas

Facultad de Ingeniería Civil - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

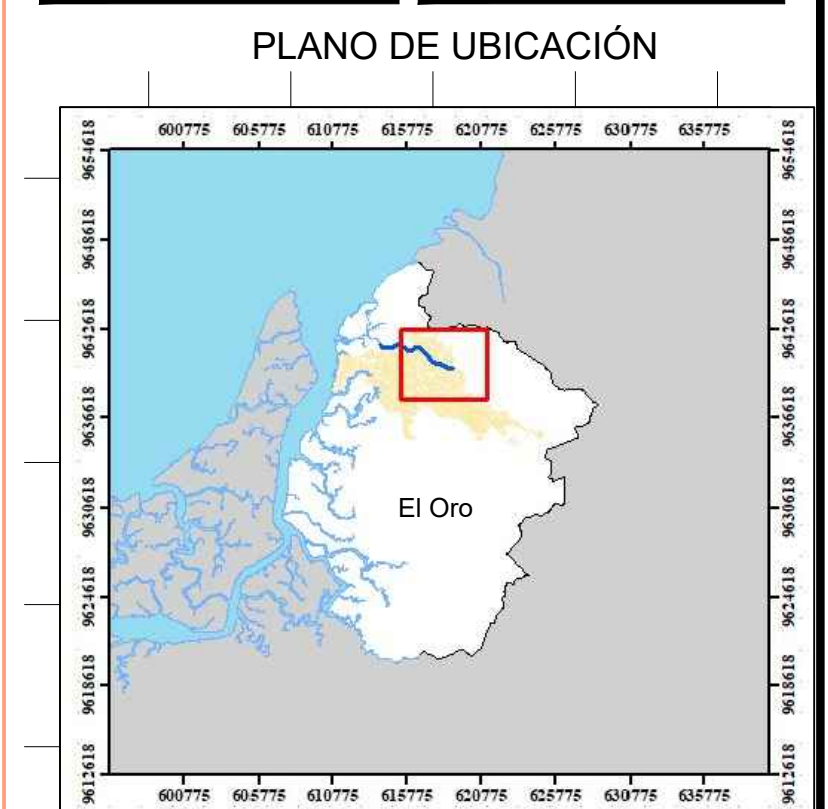
ALINEAMIENTO 2+200.00 - 2+684.59 ESCALA 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL 2+200.00 - 2+685.00 ESCALA H 1:100 - ESCALA V 1:1000



INFORMACIÓN HIDRÁULICA	Q max= 20.772 m³/s v max= 2.174 m/s S=0.06% L= 484.585 m Régimen= SUBCRÍTICO		Q min= 3.125 m³/s v min= 1.325 m/s S=0.06% L= 484.585 m Régimen= SUBCRÍTICO																								
	ABSCISA	2+200	2+220	2+240	2+260	2+280	2+300	2+320	2+340	2+360	2+380	2+400	2+420	2+440	2+460	2+480	2+500	2+520	2+540	2+560	2+580	2+600	2+620	2+640	2+660	2+680	2+685
COTA DE TERRENO	1.722	0.991	0.894	0.943	0.966	0.998	1.115	1.100	1.262	1.293	1.200	1.300	1.300	1.355	1.363	1.431	1.470	1.500	1.520	1.520	1.579	1.609	1.598	1.759	1.796	1.925	2+685
COTA DE SUBRASANTE	1.911	1.923	1.935	1.947	1.959	1.971	1.983	1.995	2.007	2.018	2.030	2.042	2.054	2.066	2.078	2.090	2.102	2.114	2.126	2.138	2.150	2.162	2.173	2.185	2.197	2.209	
CORTE																											
RELLENO	0.190	0.932	1.042	1.004	0.983	0.973	0.868	0.895	0.745	0.726	0.830	0.743	0.754	0.711	0.695	0.658	0.632	0.614	0.606	0.559	0.541	0.564	0.415	0.389	0.272		
COTA DE SOLERA 1	2.111	2.123	2.135	2.147	2.159	2.171	2.183	2.195	2.207	2.218	2.230	2.242	2.254	2.266	2.278	2.290	2.302	2.314	2.326	2.338	2.350	2.362	2.373	2.385	2.397		
COTA DE SOLERA 2	3.511	3.523	3.535	3.547	3.559	3.571	3.583	3.595	3.607	3.618	3.630	3.642	3.654	3.666	3.678	3.690	3.702	3.714	3.726	3.738	3.750	3.762	3.773	3.785	3.797		
COTA DE CORONA	5.011	5.023	5.035	5.047	5.059	5.071	5.083	5.095	5.107	5.118	5.130	5.142	5.154	5.166	5.178	5.190	5.202	5.214	5.226	5.238	5.250	5.262	5.273	5.285	5.297		
COTA DE BORDE DERECHO	5.230	5.162	5.200	5.200	5.101	5.862	5.160	5.200	4.840	5.198	5.239	5.271	5.180	5.200	5.172	5.185	5.156	5.161	5.200	4.946	5.300	5.403	4.508	5.500	6.000		
COTA DE BORDE IZQUIERDO	1.670	1.720	1.809	1.761	1.857	1.862	1.912	2.020	2.009	2.242	2.678	2.662	2.708	2.777	2.857	2.933	3.010	3.079	3.137	3.297	3.460	3.666	3.973	4.234	4.300		



Especificaciones Técnicas

INFORMACIÓN HIDRÁULICA:
 Q min: 3.125 m³/s
 Tirante (y): 1.161 m
 R. hidráulico: 0.590 m
 P. mojado: 4.096 m
 Vel. min (v): 1.325 m/s
 N. Froude: 0.444
 Rég.: SUBCRÍTICO

Q max: 20.772 m³/s
 Tirante (y): 2.526 m
 R. hidráulico: 1.342 m
 P. mojado: 7.116 m
 Vel. min (v): 2.174 m/s
 N. Froude: 0.460
 Rég.: SUBCRÍTICO

Sector: Canal "El Macho"	Parroquia: La Providencia
Provincia: El Oro	Cantón: Machala
Archivo:	
Levantamiento realizado con Sistema de Coordenadas WGS 84 - Proy. Cart. - UTM Zona 17 Sur	
Entidad:	
Procedimiento de campo:	
Proyecto/Práctica:	Modelización hidráulica para la mitigación del riesgo por inundación: Caso de estudio "Canal El Macho"
Contiene:	Alineamiento y perfil longitudinal del canal "El Macho". Abs.: 2+200.00 - 2+684.59

Elaborado por:
JOFFRE ADEMIR CUENCA MOROCHO

Revisado por:
ING. CARLOS E. SÁNCHEZ MENDIETA, M.Sc.

Detalles:

- Barrios
- Predios
- Curva de nivel primaria
- Curva de nivel secundaria
- Subrasante
- Solera 1
- Solera 2
- Corona del canal
- Zona de servidumbre
- Eje vial margen derecha
- Eje vial margen izquierda

Fecha: 09/2019	No. de Plano 5
Escala: Indicadas	5

