

“ESTUDIO HIDROTÉCNICO DEL PUENTE PORTEZUELO EN EL BARRIO LA PRIMAVERA DISTRITO VI, CIUDAD DE MANAGUA, 2026”

Proyecto de graduación para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Lesvin Audiel
Sobalvarro Soza
Carnet: 2013 - 61663

Br. Marlon José
Traña Reyes
Carnet: 2016-1376U

Br. Vivian Jessabell
López Cárcamo
Carnet: 2017 - 0413U

PhD. Jassy Danisse
Rivera Solís



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Managua, 14 de marzo de 2026

MA. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán
Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción
Directora

Estimada MA. Arq. Marcela Galán,

Reciba un cordial saludo de mi parte. Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo del proyecto de graduación titulado: “ESTUDIO HIDROTÉCNICO DEL PUENTE PORTEZUELO EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, **DISTRITO VI, CIUDAD DE MANAGUA, 2026**”, realizado por los bachilleres: **Br. Lesvin Audiel Sobalvarro Soza, Br. Marlon José Traña Reyes y Br. Vivian Jessabell López Cárcamo**, para optar al título de Ingeniero Civil.

Este proyecto de graduación fue desarrollado de forma independiente por los sustentantes. Considero que puede ser presentado y defendido ante el jurado que usted designe, toda vez que cumple con los objetivos aprobados, así como también es un aporte valioso para la gestión de riesgos de desastres y, por tanto, para el cumplimiento de las metas del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza 2023 – 2026.

Sin más a qué hacer referencia, se despide de usted.

Atentamente,

Dr.-Ing. Jassy Danisse Rivera Solís

Tutora



Managua, Nicaragua, lunes 15 de diciembre de 2025
REF/CULM.EST/TFCE/CIV/002-2025

Vivian Jessabell López Cárcamo
Marlon José Traña Reyes
Lesvin Audiel Sobalvarro Soza
Sus manos. –

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de **Proyecto de Graduación** titulado “**ESTUDIO HIDROTÉCNICO DEL PUENTE PORTEZUELO EN EL BARRIO LA PRIMAVERA DISTRITO VI, CIUDAD DE MANAGUA, 2026**” ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **Dra. Jassy Danisse Rivera Solís**.

La ejecución, entrega y defensa del **Proyecto de Graduación** tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026**.

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
- Presentar al tutor **semanalmente** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)**, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su **Proyecto de Graduación** para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,


Ma. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL	3
3. OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS.....	8
5.1. Determinación de la Tormenta de Diseño y Transformación Lluvia- Escorrentía.....	8
5.2. Teoría de Flujo en Canales Abiertos y Regímenes Hidráulicos	9
5.3. Criterios Normativos y Modelación Computacional Integrada	11
6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN	12
6.1. Delimitación de cuencas y principales características morfológicas utilizando el programa ArcGIS 10.2 y la extensión HEC-GeoHMS 10.2.	12
6.2. Estimación de caudales máximos probables para diferentes periodos de retorno aplicando el software HEC-HMS 4.2	13
6.3. Construcción de modelo unidimensional mediante software HEC-RAS 6.7	15
7. RESULTADOS	16
7.1. Delimitación y características morfológicas de la cuenca de estudio.....	16
7.2. Parámetros hidrológicos de cuencas	19
7.3. Determinación de la tormenta de diseño.....	21
7.4. Resultados de modelación en HEC-HMS	24
7.5. Análisis preliminar de capacidad hidráulica de puente Portezuelo existente con HCanales	28
7.6. Construcción de modelo hidráulico de situación actual del Puente Portezuelo en HEC-RAS	28
7.7. Resultados de modelación hidráulica de situación actual del Puente Portezuelo en HEC-RAS	29
7.1. Pre dimensionamiento de sección hidráulica de propuesta de diseño del puente y cauce Portezuelo en HCanales.....	33

7.2. Construcción de modelo hidráulico de propuesta de diseño del Puente Portezuelo en HEC-RAS	34
7.3. Resultados de modelación de propuesta de diseño hidráulico del Puente Portezuelo en HEC-RAS	35
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	41
10. REFERENCIAS	43
11. ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos geométricos de secciones prismáticas para canales abiertos ..	10
Figura 2 Secuencia para la aplicación de HEC-GeoHMS.....	13
Figura 3 Secuencia para la aplicación de HEC-HMS.....	14
Figura 4 Secuencia para la aplicación de HEC-RAS.....	15
Figura 5 Delimitación de cuenca Portezuelo.....	16
Figura 6 Cómputo de curva hipsométrica y frecuencia de altitudes	18
Figura 7 Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes de la cuenca Portezuelo	19
Figura 8 Shapefile de tipo de suelo recortado y tabla de atributos.....	20
Figura 9 Shapefile de uso de suelo recortado y tabla de atributos.....	20
Figura 10 Curvas IDF estación pluviométrica Aeropuerto Augusto C. Sandino	21
Figura 11 Parámetros de ajuste de la curva IDF estación Augusto C. Sandino	22
Figura 12 Hietograma de tormenta para $\Delta t = 5$ min TR-25 años.....	22
Figura 13 Tabulación de hietograma de tormenta para periodo de retorno de 25 años	22
Figura 14 Hietograma de tormenta para $\Delta t = 5$ min TR-50 años.....	23
Figura 15 Tabulación de hietograma de tormenta para periodo de retorno de 50 años	23
Figura 16 Modelo de cuenca Portezuelo en HEC-HMS	24
Figura 17 Componentes de cuencas en modelo de HEC-HMS	24
Figura 18 Hidrograma de tormenta de diseño TR-25	25
Figura 19 Resumen global de resultados para simulación TR-25	26
Figura 20 Hidrograma de tormenta de diseño TR-50	26
Figura 21 Resumen global de resultados para simulación TR-50	27
Figura 22 Sección hidráulica de Puente Portezuelo existente.....	28
Figura 23 Archivo de geometría del proyecto Puente Portezuelo en HEC-RAS.....	29
Figura 24 Resumen simulación hidráulica canal existente, sector Puente Portezuelo en flujo permanente de HEC-RAS.....	30
Figura 25 Nivel de agua en sección 0+870 aguas abajo de Puente Portezuelo	31
Figura 26 Nivel de agua en sección 0+880 BR U Puente Portezuelo	31

Figura 27 Puente Portezuelo en estación de cauce 0+887.82	32
Figura 28 Perfil de lámina de agua en cauce Portezuelo existente	32
Figura 29 Pre dimensionamiento de sección hidráulica propuesta del puente Portezuelo en HCanales	33
Figura 30 Pre dimensionamiento de sección hidráulica propuesta del cauce Portezuelo en HCanales	34
Figura 31 Datos de sección transversal propuesta de diseño en HEC-RAS	35
Figura 32 Archivo de geometría de propuesta diseño Puente Portezuelo en HEC-RAS	35
Figura 33 Resumen simulación hidráulica canal propuesto, sección 0+888.20 BR D	36
Figura 34 Resumen simulación hidráulica de Puente Portezuelo en canal propuesto, sección 0+888.20	36
Figura 35 Nivel de agua en sección transversal 0+888.20 BR D puente propuesto .	37
Figura 36 Nivel de agua en sección transversal 0+899.20 BR U puente propuesto .	37
Figura 37 Perfil de lámina de agua en canal propuesto	37
Figura 38 Vista 3D de lámina de agua en canal propuesto y Puente Portezuelo	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intervalos del número de Froude para la definición del tipo de flujo.....	9
Tabla 2 Índices de forma de una cuenca hidrológica	12
Tabla 3 Parámetros hidrológicos de una cuenca de drenaje	12
Tabla 4 Morfometría de cuenca Portezuelo extraída con HEC-GeoHMS.....	17
Tabla 5 Resumen de características morfométricas de las subcuencas de la cuenca Portezuelo	17
Tabla 6 Resumen de índices de forma y relieve de las subcuencas de la cuenca Portezuelo	17
Tabla 7 Resumen parámetros hidrológicos de cuenca Portezuelo y sus subcuencas	19
Tabla 8 Resumen Números de Curva de subcuencas de la cuenca Portezuelo	21
Tabla 9 Parámetros de entrada en HEC-HMS para tránsito por Onda Cinemática ...	25
Tabla 10 Resumen caudales máximos probables	25
Tabla 11 Integración de geometría de canal existente en HEC-RAS	29
Tabla 12 Resumen simulación hidráulica 1D de Puente Portezuelo en flujo permanente de HEC-RAS	32
Tabla 13 Integración de geometría de canal propuesto en HEC-RAS	34
Tabla 14 Resumen simulación hidráulica 1D de propuesta diseño en HEC-RAS.....	38

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Diseño Hidráulico Planta de Cauce Propuesto DH-01	76
Plano 2 Diseño Hidráulico Planta de Cauce Propuesto DH-02.....	77
Plano 3 Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-03	78
Plano 4 Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-04	79
Plano 5 Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-05	80
Plano 6 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-06....	81
Plano 7 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-07	82
Plano 8 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-08....	83
Plano 9 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-09	84
Plano 10 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-10 ..	85
Plano 11 Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-11 ..	86

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio hidrotécnico aborda la problemática crítica de inundaciones que afecta al Puente Portezuelo ubicado en el Distrito VI de la ciudad de Managua, específicamente en la división de los barrios La Primavera y Anexo La Primavera. El puente se encuentra emplazado sobre el cauce Portezuelo, en una zona con alto grado de urbanización y baja capacidad de infiltración, es por esto que, en cada evento de precipitación intensa, el caudal transportado por el cauce sobrepase la altura del tablero del puente, inundando viviendas y calles aledañas, así mismo esparciendo los desechos sólidos que los mismos pobladores depositan de forma inadecuada dentro del cauce que se encuentra revestido. Esta situación de vulnerabilidad a la inundación recurrente no solo afecta la integridad física de la infraestructura de cruce, sino que repercute directamente en la dinámica socioeconómica del sector.

La importancia de intervenir esta infraestructura trasciende el ámbito técnico, pues el puente constituye un nodo vital para la conectividad del sector industrial de Managua, incluyendo zonas francas y centros de distribución clave. La interrupción prolongada del paso vehicular impacta la economía local y la salud pública de los habitantes, quienes se exponen a focos de enfermedades infecciosas y por aguas contaminadas tras cada desbordamiento del cauce. Debido a estos múltiples impactos sociales y económicos, surge la urgente necesidad de aplicar herramientas de modelación avanzada que garanticen una solución hidráulica precisa y segura.

Desde una perspectiva científica, la ejecución de este proyecto se justifica por la adopción de la técnica hidráulica de Onda cinemática para el tránsito de avenidas, superando así las limitaciones de los modelos simplificados utilizados tradicionalmente en el país. En la práctica, el uso de software especializado como ArcGIS, HEC-HMS y HEC-RAS permite modelar el avance del flujo considerando la pendiente real y la fricción del canal con mayor precisión. De igual forma, en lo académico, el estudio sirve como un referente metodológico para la Universidad Nacional de Ingeniería y entidades municipales en el diseño de obras de drenaje resilientes ante la variabilidad climática. La implementación de estos estándares técnicos responde a un compromiso firme con los objetivos nacionales de adaptabilidad y desarrollo.

Este esfuerzo académico se alinea estrechamente con las políticas de desarrollo de la República de Nicaragua, particularmente con el Lineamiento II del PNLCP-DH, Infraestructura Vial Resiliente, ya que el proyecto contribuye a esta línea en la reducción de riesgos ante fenómenos naturales extremos, garantizando una comunicación vial permanente, mejorando la salud pública de los Managua y

cumpliendo con las normativas vigentes del MTI, Alcaldía de Managua y SIECA. Asimismo, se vincula con las líneas de I+D+i institucionales en Hidráulica y Medio Ambiente con la gestión de recursos hídricos y drenaje urbano sostenible. En coherencia con estas líneas estratégicas nacionales e institucionales, el estudio se ha desarrollado a través de una secuencia metodológica orientada a la obtención de resultados concretos de diseño.

Para cumplir con los objetivos planteados, el documento se estructura en fases técnicas que inician con la delimitación morfométrica de la cuenca del proyecto y culmina con el rediseño hidráulico de las secciones del Cauce Portezuelo, el cual permitirá canalizar y descargar el caudal de diseño. Se detalla primero la caracterización de la cuenca mediante el módulo de ArcGIS más HEC-GeoHMS, seguida de la estimación de caudales críticos para los periodos de retorno de 25 y 50 años utilizando HEC-HMS. Finalmente, en HEC-RAS se realizó el análisis hidráulico de las secciones del Puente Portezuelo y Cauce Portezuelo existentes, consecuentemente se realizó el modelo hidráulico de la sección propuesta y se anexaron los mapas representativos de la cuenca Portezuelo y planos hidráulicos de la propuesta de rediseño del cauce Portezuelo. Es así que, el proyecto ofrece una solución integral que mitiga el riesgo de inundación y fortalece la infraestructura hidráulica del barrio La Primavera.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

Investigadores, ingenieros y científicos de los países de Centroamérica se reunieron para formar la Misión de Expertos de la Organización Meteorológica Mundial. Los esfuerzos conjuntos de estos investigadores dieron como fruto el Manual de instrucciones de Estudios Hidrológicos para el istmo centroamericano en 1972, publicación que sienta las bases de la hidrología en la región mediante la exposición y recopilación de la metodología disponible hasta la fecha, así mismo probándola y adaptándola al contexto de dichos países. Producto de este manual surge una ecuación alternativa del Tiempo de Concentración de las cuencas hidrológicas, la que se adapta al contexto climático y geográfico de la región y propuesta por Basso S. et al., para su uso en el popular Método Racional para la estimación de caudales, ya que la ecuación de Kirpich fue formulada para pequeñas cuencas agrícolas en Estados Unidos.

Este esfuerzo de regionalización se vio potenciado décadas más tarde por la revolución digital. El desarrollo de la computación en la década de los 60's trajo consigo avances significativos en la implementación de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y modelos de análisis hidrológicos más simplificados. Dando como resultado la metodología de transformación de lluvia a escorrentía de la Curva Número, publicado por primera vez por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS) en 1975, modelo que junto al Método Racional es utilizado ampliamente en la actualidad en el análisis tanto de cuencas urbanas pequeñas como de cuencas grandes rurales. La popularidad de este método radica en que se basa en características medibles de la cuenca, simplifica los procesos de abstracciones y toma en consideración el efecto de la urbanización y agricultura en la infiltración de los suelos (NRCS, 1999). Su integración en modelos computacionales de sistemas hidrológicos como HEC-1 ahora llamado HEC-HMS y la disponibilidad de información geoespacial como DEM, rasters de uso, cobertura y tipo de suelo, igualmente datos meteorológicos hacen de la Curva Número un método indispensable para los estudios hidrológicos.

La recurrencia de desafíos técnicos impulsó la creación de un marco regulador que estandarizara el uso de dichas tecnologías a nivel regional. En este contexto, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) con apoyo técnico de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) publica en 2021 la segunda versión de su Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica, esta actualización a su versión primera lanzada en 2016 incorpora elementos de cambio climático y el uso de la modelación hidráulica. Dentro de sus disposiciones para con Nicaragua, destaca el uso del Coeficiente del Cambio Climático Kcc, introducido por primera vez por el MTI (2017), de igual manera

SIECA ratifica el uso de los métodos Racional y NRCS para los análisis hidrológicos siguiendo la metodología expuesta en la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje y Caminos Rurales del MTI (2011). En este mismo escenario la Secretaría dicta los requerimientos de diseño hidráulico de obras de drenaje menor y mayor, los cuales se basan en la Guía Hidráulica de MTI (2011) y normativas de diseño de la Administración de Caminos Federales de los Estados Unidos (FHWA). Esta nueva versión del manual, contribuye al mejoramiento óptimo de la infraestructura vial en el país y brinda las pautas para incrementar la resiliencia ante los fenómenos naturales hidrológicos extremos.

Estas disposiciones legales son las que rigen actualmente las intervenciones de la Alcaldía de Managua, como se observa en la 10ma etapa del proyecto Estabilización de Cauce La Primavera finalizada en 2025 (Rodríguez, 2025). Dicha obra, ubicada a escasas cuadras del Puente Portezuelo, consiste en un canal revestido de concreto hidráulico con una sección de 6 m de ancho y 3 m de alto (Areas Esquivel, 2015). La continuidad de este sistema de drenaje, que ya suma más de 1,100 metros construidos desde el año 2013, exige que cualquier propuesta de rediseño en la zona se ajuste con precisión a la dinámica del flujo que entregan los cauces hacia el Lago Xolotlán.

Sin embargo, a pesar de los avances normativos y la ejecución de obras físicas, persiste un vacío en la precisión de los modelos utilizados localmente para el tránsito de avenidas. Estudios previos en la capital, como el análisis del puente Tierra Prometida (Pérez Aburto y Sánchez Molina, 2015), han empleado métodos de tránsito hidrológicos como Muskingum, los cuales, aunque funcionales, presentan limitaciones al no considerar la física del movimiento del agua en el cauce. Asimismo, investigaciones recientes en otras zonas urbanas del país (Castilla Miranda y Cruz Suarez, 2023) han evidenciado que el uso de métodos tradicionales como el Racional puede generar resultados altamente variables, subrayando la necesidad de adoptar criterios más robustos y físicamente basados.

Como respuesta a este vacío técnico, el presente proyecto adopta el tránsito de hidrogramas mediante la técnica de la Onda Cinemática, tal como lo proponen referentes globales de la hidrología moderna como Chow y Singh (2017). A diferencia de los métodos simplificados, la onda cinemática permite modelar el avance del flujo considerando la pendiente real y la fricción del canal, resolviendo de forma aproximada las ecuaciones de Saint-Venant. La implementación de este estándar en el estudio del Puente Portezuelo no solo representa una evolución metodológica respecto a la práctica nacional, sino que garantiza una estimación de caudales y niveles máximos de agua con un rigor científico superior, asegurando que la infraestructura propuesta sea capaz de gestionar las crecidas extremas en un entorno de alta pendiente y rápida respuesta hidrológica como es el urbano.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar el Estudio Hidrotécnico del Puente Portezuelo ubicado en el Barrio La Primavera Distrito VI, ciudad de Managua, 2026.

Objetivos Específicos

1. Delimitar la cuenca hidrográfica del proyecto y sus principales características morfométricas utilizando el programa ArcGIS 10.2 y la extensión HEC-GeoHMS 10.2.
2. Estimar los caudales máximos probables para diferentes periodos de retorno mediante el método de Curva Número aplicando el software HEC-HMS 4.2.
3. Elaborar el análisis hidráulico del Puente Portezuelo a través de un modelo unidimensional con el software HEC-RAS 6.7.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el distrito VI de la Ciudad de Managua se encuentra el Puente Portezuelo, de uso vehicular y peatonal, ubicado sobre la calle principal que divide a los barrios La Primavera y Anexo La Primavera, a su vez que funciona de conexión con la Avenida Portezuelo y el barrio Selim Shible. Su longitud es de 9.62 m y su ancho de 8.15 m comprendido por un carril por sentido, estos revestidos de pavimento asfáltico a la vez que su superestructura se conforma por vigas de acero y barandales metálicos. El puente se encuentra emplazado sobre el Cauce Portezuelo, un canal natural que se encuentra revestido por mampostería de piedra cantera repellada con mortero y cuya sección transversal es trapezoidal, de altura promedio 1.90 m, ancho de fondo de 4 m y relación de talud 1:1.

La ubicación de este puente es clave, ya que el barrio La Primavera forma parte de la subcuenca III del Lago Xolotlán caracterizada por un alto grado de urbanización y poca tasa de infiltración en sus suelos debido a la impermeabilidad que generan los sectores de viviendas e industria (Miranda y Gómez, 2019); por ende, en el barrio incrementa la escorrentía superficial y provoca una respuesta rápida ante eventos de precipitación intensa. En el clima de Managua dominan las precipitaciones de alta intensidad y corta duración (típicamente generadas por ondas tropicales), que han sido capaces de producir hasta 66 mm de precipitación en el barrio La Primavera (Milán, 2015), lo cual ha provocado que en reiteradas ocasiones el nivel de la descarga en el cauce Portezuelo sobrepasara la altura del tablero del puente, inundando su superficie, propagándose a casas y calles aledañas, interrumpiendo así el paso vehicular por tiempos prolongados, como se observa en el Anexo 2.

Las interrupciones en el Puente Portezuelo impactan tanto en la economía local de la zona conformada principalmente por el sector industrial (parques industriales, negocios, zonas francas, distribuidoras de productos) como en la salud de los pobladores del barrio La Primavera, debido a que las inundaciones arrastran consigo sedimentos, aguas residuales, contaminación proveniente de la bota ilegal de basura dentro del canal y agentes propagadores de leptospirosis, malaria, dengue y zika. A esto se le suman que la fuerza y velocidad con la que el caudal se desplaza por el cauce ocasionen deterioros estructurales en la sección hidráulica del mismo y la del puente, debilitándolo y poniendo en riesgo a transeúntes (Palacios, 2025a; 2025b).

La realización de este estudio hidrotécnico permitirá conocer la cantidad de escorrentía que actualmente salva el Puente Portezuelo, así como la velocidad con la que esta circula y la altura máxima que puede alcanzar dentro del Cauce Portezuelo, así mismo analizar la necesidad de un rediseño hidráulico tanto del cauce como del

punto, aplicando factores de seguridad por la variabilidad climática de la zona y por el depósito inadecuado de basura que realizan los pobladores de la localidad.

La metodología a emplearse para el estudio será de vital importancia para instituciones municipales como la Alcaldía de Managua, diseñadores hidráulicos e investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería cuyo objeto de interés sea el Puente Portezuelo o similares, así como el ámbito del drenaje urbano en la ciudad de Managua, ya que la misma está basada en la utilización del software e insumos más recientes hasta la fecha de realización de este proyecto, de igual forma el empleo de la técnica hidráulica en el tránsito de avenidas, dirigida principalmente a cuencas en entornos urbanos.

Por las razones ya expuestas, el estudio hidrotécnico del Puente Portezuelo se limita al análisis hidrológico e hidráulico 1D en flujo permanente del Puente y Cauce Portezuelo, igualmente a la realización de mapas de caracterización del sitio y características de la cuenca hidrológica, igualmente la presentación de planos de la propuesta de rediseño hidráulico. Por lo que no contemplará la formulación de propuestas estructurales, geotécnicas, presupuestarias, de diseño vial, drenaje menor ni la determinación del volumen de aguas residuales que circula por el Cauce Portezuelo.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

La infraestructura vial moderna se fundamenta en la resiliencia, definida como la capacidad de un sistema para anticipar, absorber y recuperarse ante eventos meteorológicos extremos. En el contexto de la ingeniería civil, este concepto se traduce en el diseño de obras de cruce que garanticen la seguridad pública y la continuidad operativa bajo condiciones de estrés hídrico (FHWA, 2024).

El modelamiento hidrológico actúa como una representación matemática de los procesos naturales de una cuenca, permitiendo predecir su comportamiento ante tormentas de diseño. La precisión de estas predicciones depende de la caracterización de las propiedades morfométricas, donde el área de drenaje y la pendiente media de la cuenca se consolidan como los factores determinantes de la magnitud y velocidad de la escorrentía (Caltrans, 2020; Chow y Singh, 2017; Musy y Higy, 2011). Asimismo, la integración de la cobertura y uso de suelo permite cuantificar la impermeabilidad del terreno, un factor crítico en entornos urbanos donde la deforestación y construcción de áreas impermeables acelera la respuesta hidrológica del sistema. Asimismo, otro factor no menos importante es el relieve, representado comúnmente por la Curva Hipsométrica y la Frecuencia de altitudes, las cuales relacionan la distribución de las áreas de una cuenca con respecto a su altitud, haciendo así posible obtener información sobre las características de almacenamiento y sistema de drenaje (Musy y Higy, 2011; Viessman y Lewis, 1996).

5.1. Determinación de la Tormenta de Diseño y Transformación Lluvia-Escorrentía

La determinación del caudal que conduce una estructura de drenaje parte de la definición de una tormenta de diseño, cuya probabilidad de ocurrencia se establece mediante la variable del Periodo de Retorno (T_r). Para el contexto de Nicaragua, el MTI (2017) estipula periodos de 25 a 50 años para puentes en caminos vecinales (Anexo 7), aunque en infraestructuras sobre puntos críticos se recomienda el análisis de hasta 100 años para mitigar riesgos catastróficos.

Luego de establecerse el periodo de retorno de diseño, el siguiente paso es la determinación de la duración de dicha tormenta, la cual está dada por la variable del tiempo de concentración de la cuenca, ósea el tiempo en que una partícula de agua viaja desde el punto más hidrológicamente distante hasta el punto de aforo (Chow et al., 1994). La duración mínima permitida en diseño es de 5 min (SIECA, 2021) y es frecuentemente calculada con la ecuación de Kirpich, sin embargo, para fines de esta investigación se utilizará la ecuación de Basso et al. (1972) la cual fue planteada especialmente para el panorama centroamericano. Habiendo definido este parámetro se procede a determinar la intensidad de la tormenta.

La intensidad de la precipitación se cuantifica mediante curvas IDF. Dada la variabilidad climática observada en el Pacífico, se hace exigente el uso del Coeficiente de Cambio Climático ($K_{cc} = 1.20$) adoptado por la Alcaldía de Managua [ALMA] (2018), el que actúa de factor de seguridad, magnificando las intensidades históricas. Por consiguiente, el hietograma de diseño resultante, construido mediante el método de bloques alternos, permite distribuir la profundidad de lluvia en intervalos de tiempo discretos, proporcionando la entrada necesaria para los modelos de transformación.

Para la conversión de lluvia en esorrentía directa, el método del Número de Curva (CN o TR-55) es el estándar predominante. Este método sintetiza la relación entre el tipo de suelo y la cobertura vegetal para determinar la retención potencial y la abstracción inicial (NRCS, 1999). En cuencas urbanizadas, el tránsito de hidrogramas se optimiza mediante la técnica de Onda Cinemática, la cual modela la propagación de la avenida basándose en las leyes de flujo uniforme, ignorando efectos de presión e inercia para priorizar la relación caudal-profundidad en canales de geometría regular, por lo que ayuda a predecir las variaciones temporales del caudal y del tirante a lo largo de cauces (Chow et al., 1994; Srivastava y Jain, 2017; Viessman y Lewis, 1996).

5.2. Teoría de Flujo en Canales Abiertos y Regímenes Hidráulicos

El análisis del puente se fundamenta en la hidráulica de canales abiertos, donde el flujo se produce a superficie libre bajo la influencia predominante de la gravedad. La caracterización geométrica de la sección transversal dada por el tirante (y), el área hidráulica (A) y el radio hidráulico (R), entre otros elementos presentes en la Figura 1, son esenciales para resolver las ecuaciones de gobierno del flujo.

El comportamiento del agua se clasifica según su variación temporal (permanente y no permanente) y espacial (uniforme o variado), siendo el régimen de flujo (subcrítico, crítico o supercrítico) el indicador más relevante para la estabilidad de la obra. Mediante el número adimensional de Froude (Fr), se evalúa la relación entre fuerzas inerciales y gravitatorias a como se presenta en la Tabla 1. En cauces revestidos con pendientes pronunciadas, la presencia de flujo supercrítico exige un diseño riguroso que evite la formación de resaltos hidráulicos no controlados que puedan comprometer el borde libre de la estructura (CONAGUA, 2019).

Tabla 1 Intervalos del número de Froude para la definición del tipo de flujo

Tipos de flujo	Número de Froude	Fuerzas dominantes
Supercrítico	$Fr > 1$	Inercia del flujo
Crítico	$Fr = 1$	Inercia y gravedad por igual
Subcrítico	$Fr < 1$	Gravedad

Nota. Adaptado de *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano* (Vol. Libro 19, p. 200), por CONAGUA, 2016.

Figura 1 Elementos geométricos de secciones prismáticas para canales abiertos

Sección elemento geométrico	Rectangular	Trapezoidal	Triangular	Parabólica
Área, A	by	$(b+ky)y$	ky^2	$\frac{2}{3}Ty$
Perímetro mojado P	$b+2y$	$b+2\sqrt{(1+k^2)}y$	$2\sqrt{(1+k^2)}y$	$T+\frac{8}{3}\frac{y^2}{T}$
Radio hidráulico $R=A/P$	$\frac{by}{b+2y}$	$\frac{(b+ky)y}{b+2\sqrt{(1+k^2)}y}$	$\frac{ky}{2\sqrt{(1+k^2)}}$	$\frac{2T^2y}{3T^2+8y^2}$
Ancho de la superficie libre, T	b	$b+2ky$	$2ky$	$\frac{3}{2}\frac{A}{y}$
Tirante medio A/T	y	$\frac{(b+ky)y}{b+2ky}$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{2}{3}y$

Nota. Adaptado de *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano* (Vol. Libro 19, p. 200), por CONAGUA, 2016.

Así mismo, la modelación hidráulica se sustenta en tres principios fundamentales (CONAGUA, 2019, pp. 201 - 207):

1. **Continuidad:** Conservación de la masa en régimen permanente esto quiere decir que el caudal que entra a una determinada sección es igual al que sale de esta.

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow A_1V_1 = A_2V_2$$

Donde Q_1 , Q_2 : caudal en las secciones 1 y 2 (m^3/s); A_1 , A_2 : área hidráulica en las secciones 1 y 2 (m^2); V_1 , V_2 : velocidad media del flujo en las secciones 1 y 2 (m/s).

2. **Energía (Bernoulli):** Evaluación de la línea de energía total a lo largo del cauce.

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Donde Z_1 , Z_2 : carga de posición en las secciones 1 y 2 ó sea, el nivel del fondo del cauce (m); y_1 , y_2 : tirante del flujo o carga de presión en las secciones 1 y 2 (m); α_1 , α_2 : coeficientes de Coriolis o de energía (adimensional) en las secciones 1 y 2; V_1^2 , V_2^2 : carga de velocidad en las secciones 1 y 2 (m).

3. **Pérdidas de energía por fricción (Manning):** Estimación de pérdidas basadas en la rugosidad del material (n).

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$$

Donde V : velocidad media del flujo (m/s); n : coeficiente de Manning ($s/m^{1/3}$), R : radio hidráulico en (m); S_f : pendiente de fricción (adimensional).

Encontrada la pendiente de fricción, esta se utiliza como parámetro de entrada en la ecuación de **pérdidas de carga por fricción** para evaluar las pérdidas en el fluido:

$$h_f = S_f L$$

Donde h_f : pérdida de carga por fricción (m); L: longitud del tramo donde se evalúan las pérdidas (m).

La aplicación de estas ecuaciones permite determinar el tirante normal y el tirante crítico, parámetros base para la verificación de la capacidad hidráulica.

5.3. Criterios Normativos y Modelación Computacional Integrada

El diseño final debe dirigirse con los criterios técnicos de las normativas regionales (ALMA, 1991, pp. 27 - 30; SIECA, 2021, p.226):

- **Velocidades máximas y mínimas**
 - Velocidad mínima: 0.75 m/s;
 - Velocidad máxima en canales revestidos de mampostería: 5.00 m/s;
 - Velocidad máxima en canales de concreto: 7.00 m/s.
- **Pendientes máximas y mínimas**
 - Las pendientes deben ser las necesarias para producir las velocidades permitidas. Las pendientes de las paredes $\leq 45^\circ$.
 - Utilizar retenidos con caídas de fondo de concreto de 0.25 m mínimo de espesor para cambios bruscos.
- **Borde libre**
 - 60 cm para caudales entre 3 y 30 m³/s;
 - 90 cm para caudales entre 30 y 300 m³/s.

Finalmente, la integración de estas teorías se ejecuta mediante plataformas de simulación avanzada como lo son:

- **HEC-HMS**

Utilizado para la generación de hidrogramas sintéticos mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de subáreas (Chow et al., 1994).

- **HEC-RAS**

Empleado para el análisis hidráulico unidimensional (1D), permitiendo calcular los perfiles de la superficie del agua ante flujos permanentes y no permanentes. Este software facilita la inserción de la geometría de puentes y la evaluación de condiciones de frontera, asegurando que la infraestructura proyectada sea hidráulicamente eficiente y estructuralmente segura ante el riesgo de inundación (CONAGUA, 2019).

6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

6.1. Delimitación de cuencas y principales características morfométricas utilizando el programa ArcGIS 10.2 y la extensión HEC-GeoHMS 10.2.

Para realizar la delimitación de la cuenca y cálculo de su morfometría, como insumo principal se utilizó un Modelo de Elevación Digital (DEM) de la ciudad de Managua con una resolución espacial de 5 m x 5 m, proporcionado por INETER en formato ráster; igualmente mapas de uso y tipo de suelo de la ciudad de Managua en formato vectorial o shapefile. Los CN se seleccionaron del Anexo 8. Asimismo, otros parámetros que representan la forma y respuesta hidrológica de las cuencas se calcularon mediante las ecuaciones presentadas en las Tabla 2 y Tabla 3:

Tabla 2 Índices de forma de una cuenca hidrológica

Parámetro	Fórmula	Unidades
Factor de forma	$K_f = \frac{\text{Ancho}}{\text{Longitud}} = \frac{B \times L}{L \times L} = \frac{A}{L^2}$	A, área de la cuenca, km ² L, longitud de cauce principal, km
Índice de compacidad o índice de Gravelius	$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$	P, perímetro de la cuenca, km A, área de la cuenca, km ²

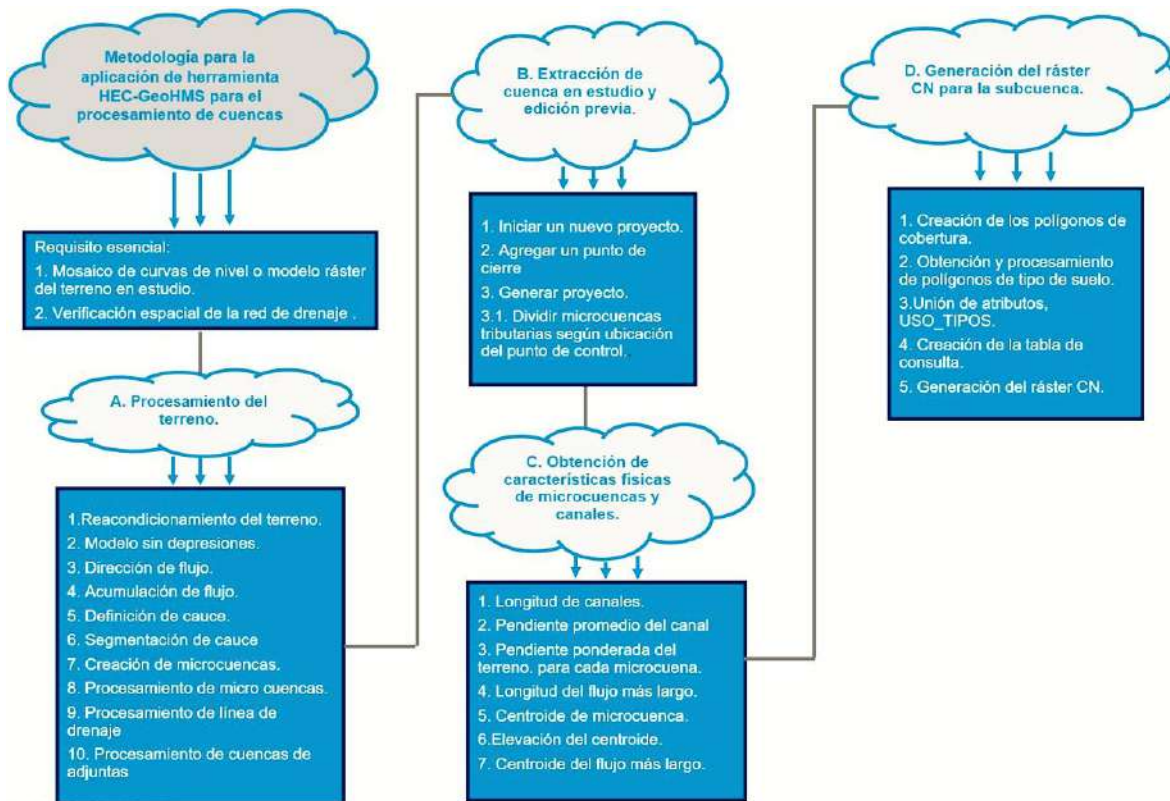
Nota. Adaptado de *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica* (2da ed., pp. 48 - 49), por SIECA, 2021.

Tabla 3 Parámetros hidrológicos de una cuenca de drenaje

Parámetro	Fórmula	Unidades
Tiempo de concentración PHCA en minutos	$T_{c_{PHCA}} = 0.01026 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	L, longitud de cauce principal, m Sc, pendiente del cauce principal, m/m
Tiempo de concentración SCS en minutos	$T_{c_{SCS}} = \frac{100 * \left(3.281 \frac{\text{pies}}{\text{m}} * L\right)^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7}}{1900 * S_a^{0.5}}$	L, longitud de cauce principal, m Sc, pendiente de la cuenca, % CN, número de curva
Tiempo de retardo en minutos	$T_{lag} = 0.60 * T_c$	Tc, tiempo de concentración SCS, min

Nota. Adaptado de *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica* (2da ed., pp. 80 - 81, 87), por SIECA, 2021

Figura 2 Secuencia para la aplicación de HEC-GeoHMS

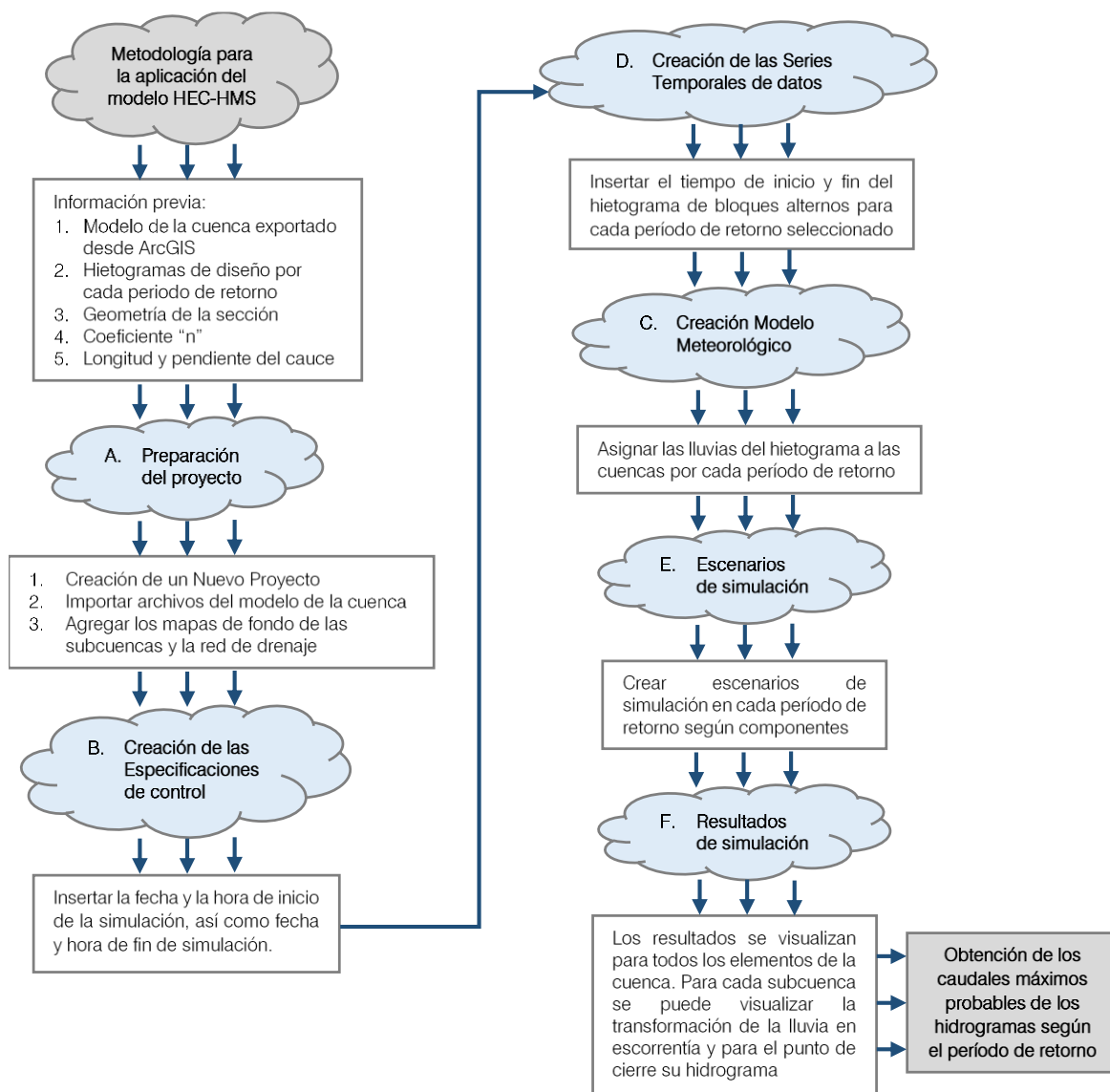


Nota. Adaptado de *Modelación Hidrológica y propuesta de un sistema de control de torrentes en la subcuenca III del cauce El Borbollón a través de un análisis bidimensional mediante el software Riverflow2D* (p. 18), por C. A. Miranda Prado y K. J. Gómez Bermúdez, 2019.

6.2. Estimación de caudales máximos probables para diferentes periodos de retorno aplicando el software HEC-HMS 4.2

Los hietogramas de diseño se sintetizaron a partir de las curvas IDF de la estación pluviométrica del aeropuerto Augusto C. Sandino con sus correspondientes coeficientes ajustados para cada periodo de retorno, debido a que es la más cercana al proyecto y presenta una influencia total en la zona (ver Anexo 20); estas fueron proporcionadas por INETER. Como método de tránsito de avenidas se utilizó el modelo de la Onda Cinemática, donde la geometría del cauce se obtuvo mediante mediciones in situ y levantamiento topográfico; los coeficientes de rugosidad “n” se seleccionaron del Anexo 18.

Figura 3 Secuencia para la aplicación de HEC-HMS



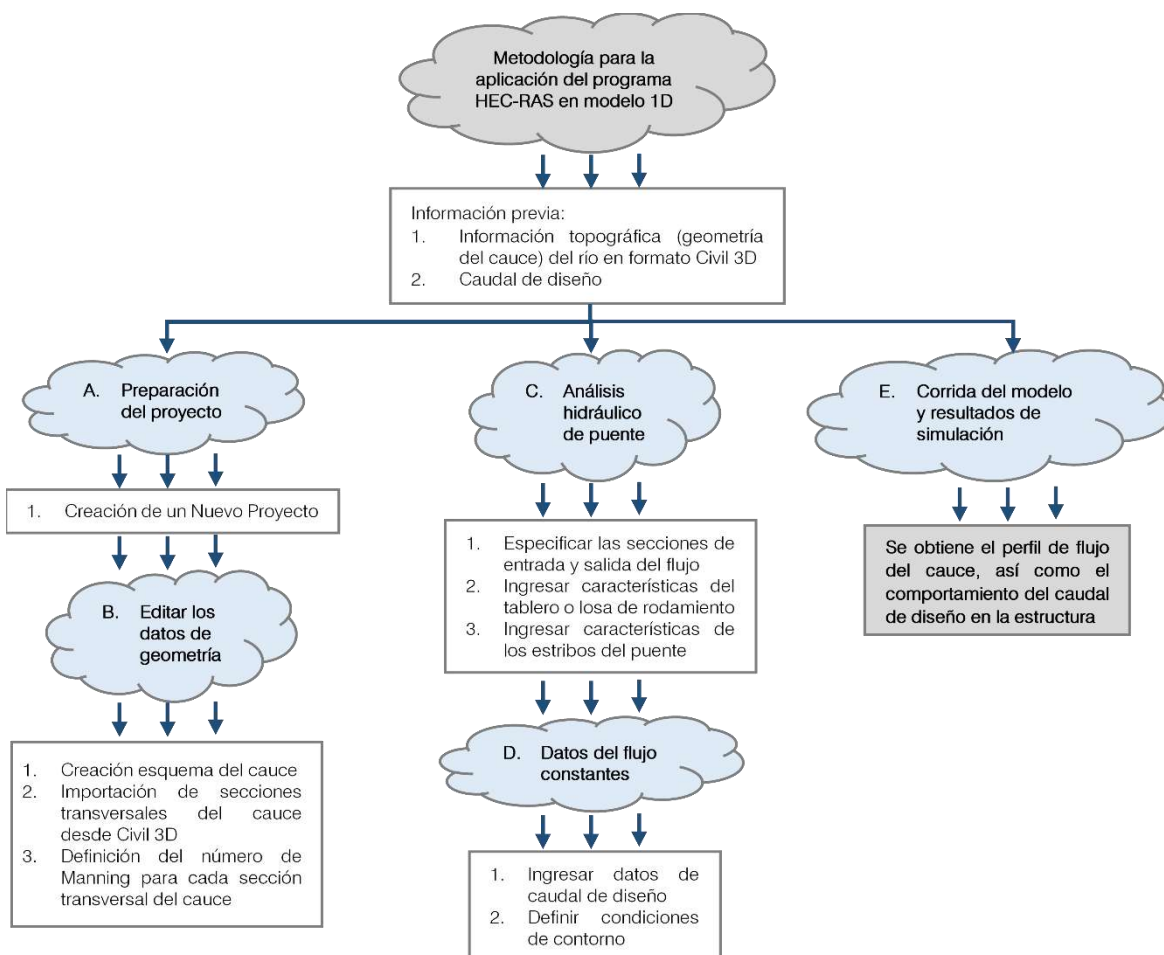
Nota. Adaptado de *Diseño Hidrotécnico de las obras de drenaje transversal y su impacto ambiental, del tramo de carretera: "El Arenal - Los Robles", municipio de Jinotega*. [Tesis de pregrado, UNI] (p. 105), por E. A. Castillo Largaespada y E. Rojas Murillo, 2024

6.3. Construcción de modelo unidimensional mediante software HEC-RAS 6.7

La geometría de las obras hidráulicas y cauce se obtuvieron mediante medición en el sitio y levantamiento topográfico proporcionado por la Alcaldía de Managua, el cual se procesa con el software Civil 3D, en él se generaron curvas de nivel, alineamiento, perfil longitudinal y secciones transversales. El levantamiento se realizó con estación total desde aguas arriba hacia aguas abajo del Puente Portezuelo, tomando secciones transversales cada 20 m en tramos rectos y cada 20 m en curvas, abarcando 15 m hacia las bandas desde la línea central del cauce en cada estacionado.

Los coeficientes de rugosidad “n” de Manning se seleccionaron del Anexo 18 respectivamente.

Figura 4 *Secuencia para la aplicación de HEC-RAS*



Nota. Adaptado de *Revisión del Estudio Hidrotécnico del puente Ayapal, ubicado en el municipio de San José de Bocay, departamento de Jinotega*. [Tesis de pregrado, UNI] (p. 84), por D. E. Ortiz Cárdenas, 2018

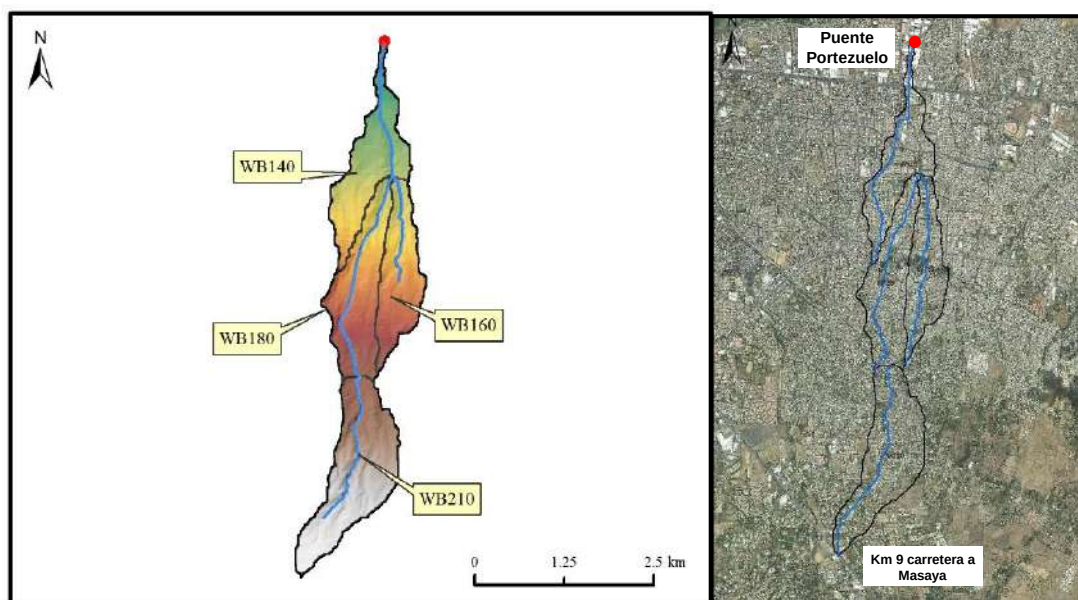
7. RESULTADOS

7.1. Delimitación y características morfométricas de la cuenca de estudio

La delimitación de la cuenca tributaria al Puente Portezuelo se realizó mediante el procesamiento del DEM utilizando las herramientas ArcGIS y la extensión HEC-GeoHMS. Como resultado, el área de estudio se subdividió en cuatro subcuencas con características geomorfológicas y dimensiones similares (ver Figura 5), totalizando una superficie de drenaje de 5.613 km².

El punto de cierre (o salida) se estableció en la estructura del Puente Portezuelo, ubicado en el barrio La Primavera. La red de drenaje se extiende aguas arriba hasta el km 9 de la Carretera a Masaya, captando aportes de las subcuencas medias y altas que comprenden sectores de los barrios Carlos Marx, Villa Progreso, Georgino Andrade, Américas 1, Rubenia, Villa Austria, Colonia 1ero de Mayo, Villa Flor, Sócrates Sandino, Reparto Schick y Salomón Moreno, así como la zona residencial de Las Colinas. Así mismo, las coordenadas en sistema UTM del punto de cierre fueron las siguientes, latitud: 584626.453 E y longitud: 1343925.252 N. En el Anexo 1 se destaca el mapa de macro localización del proyecto.

Figura 5 *Delimitación de cuenca Portezuelo*



El uso de GIS hizo posible la extracción de las características más distintivas de la morfometría en la cuenca Portezuelo, con las que posteriormente se calcularon parámetros representativos del relieve y del tiempo de respuesta ante eventos de precipitación.

A grandes rasgos, la cuenca Portezuelo es de un tamaño pequeño, con pendientes que van desde empinadas hasta planas como la subcuenca W160, asimismo las longitudes y pendientes de sus ríos principales son similares en magnitud y se caracterizan por un relieve plano (Tabla 4 y Tabla 5).

Tabla 4 *Morfometría de cuenca Portezuelo extraída con HEC-GeoHMS*

Parámetro	Valor
Área de drenaje (km ²)	5.613
Perímetro (km)	21.900
Longitud del cauce principal (km)	8,722.133
Pendiente del cauce principal (%)	1.779
Altura mínima cauce principal (m.s.n.m)	88.487
Altura máxima cuace principal (m.s.n.m)	243.653

Tabla 5 *Resumen de características morfométricas de las subcuencas de la cuenca Portezuelo*

Parámetro	Sub cuenca			
	W140	W160	W180	W210
Área de drenaje (km ²)	1.259	1.093	1.409	1.852
Perímetro (km)	10.110	7.560	8.650	8.880
Pendiente media de la cuenca (%)	17.023	3.770	28.760	33.357
Longitud del cauce principal (km)	3.820	3.185	3.457	3.437
Pendiente del cauce principal (m/m)	1.810	2.340	2.264	2.833
Altura mínima cauce principal (m.s.n.m)	59.702	88.487	88.707	158.611
Altura máxima cauce principal (m.s.n.m)	128.823	163.015	166.992	256

- **Índices de forma y relieve de cuencas**

Los índices Kf y Kc demostraron que la forma representativa de las subcuencas en estudio corresponde a la alargada, lo que indica que en su conjunto la cuenca Portezuelo no es propensa a las crecidas debido a que la distancia que la escorrentía recorre por las corrientes de las subcuencas es mayor en comparación si las cuencas tuviesen forma más redondeada u ovalada.

Tabla 6 *Resumen de índices de forma y relieve de las subcuencas de la cuenca Portezuelo*

Sub cuenca	Factor de forma	Índice de Gravelius
W140	0.086	2.542
W160	0.108	2.040
W180	0.118	2.056
W210	0.157	1.841

- **Curva hipsométrica de la cuenca Portezuelo**

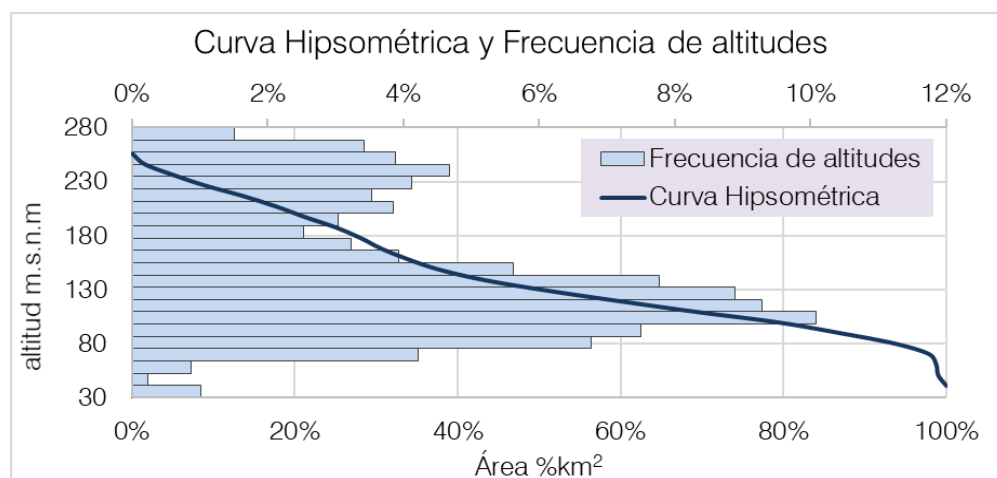
Para el cálculo de la curva hipsométrica de la cuenca portezuelo se utilizó la extensión de HEC-GeoHMS, la cual dividió la subcuenca en 22 intervalos de altitud, cada uno con su respectiva área en km², seguidamente se tabularon estos valores para calcular las áreas acumuladas entre las altitudes y los porcentajes de área que estas representan con respecto al área total de la cuenca, así mismo se determinaron los porcentajes de estas áreas acumuladas Figura 6.

La curva hipsométrica se formó al graficar las elevaciones de la cuenca Portezuelo contra el correspondiente porcentaje acumulado del área total; igualmente para la curva o histograma de frecuencia de altitudes se graficaron los valores de porcentajes de área y se superpusieron con la curva hipsométrica (Figura 6 y Figura 7).

Figura 6 *Cómputo de curva hipsométrica y frecuencia de altitudes*

Altitud	Área parcial	Áreas acumuladas entre curvas	% del área total	%área acumulada
m.s.n.m.	km ²	km ²		
41.327	0	0	0	100.000
51.010	0.057	5.613	1.010	98.990
60.827	0.013	5.556	0.240	98.750
70.600	0.049	5.543	0.880	97.870
80.356	0.236	5.493	4.212	93.658
90.115	0.380	5.257	6.765	86.893
99.873	0.421	4.877	7.497	79.396
109.631	0.566	4.456	10.089	69.307
119.389	0.521	3.890	9.289	60.018
129.147	0.499	3.369	8.890	51.128
138.904	0.436	2.870	7.769	43.358
148.663	0.316	2.434	5.628	37.731
158.421	0.220	2.118	3.927	33.804
168.179	0.181	1.897	3.230	30.574
177.937	0.142	1.716	2.527	28.046
187.694	0.170	1.574	3.035	25.012
197.452	0.216	1.404	3.851	21.161
207.209	0.198	1.188	3.530	17.631
216.968	0.231	0.990	4.118	13.513
226.726	0.263	0.758	4.688	8.825
236.484	0.218	0.495	3.888	4.937
246.241	0.192	0.277	3.425	1.512
256.000	0.085	0.085	1.512	0.000
	5.613		100.000	

Figura 7 Curva Hipsométrica y Frecuencia de altitudes de la cuenca Portezuelo



En general, la curva hipsométrica refleja que la cuenca Portezuelo está atravesando su fase de madurez, donde la parte alta representa zonas empinadas en las que se generan sedimentos, los que luego son depositados en las partes más bajas. Así mismo la frecuencia de altitudes denota que la mayor parte de la cuenca se concentra en niveles bajos, simbolizando una zona de llanura; las frecuencias caen de forma abrupta junto con la curva al alcanzar el nivel del Puente Portezuelo, el cual se encuentra cerca de la llanura aluvial del Lago Xolotlán.

7.2. Parámetros hidrológicos de cuencas

- **Tiempo de concentración y tiempo de retardo**

Se calcularon los tiempos de concentración y de retardo para la cuenca del Puente Portezuelo y sus subcuencas con las fórmulas propuestas por SIECA (2021) y presentes en la Tabla 3, resultando los siguientes datos:

Tabla 7 Resumen parámetros hidrológicos de cuenca Portezuelo y sus subcuencas

Elemento	Tiempo de concentración PHCA (min)	Tiempo de concentración SCS (min)	Tiempo de retardo SCS (min)
Cuenca Portezuelo	52.373	-	-
W140	21.373	29.400	17.668
W160	23.405	29.760	17.878
W180	17.042	73.440	44.098
W210	21.572	38.520	23.151

El tiempo de concentración de la cuenca Portezuelo fue calculado con el método PHCA, resultando en 52.373 min. Los tiempos de concentración de las subcuencas en estudio varían de rápidos a moderados, siendo los calculados por el método SCS mayores a los valores reflejados por la ecuación PHCA, ya que la ecuación SCS toma en cuenta la variable del CN, la cual alcanza valores altos en cuencas urbanas y de pequeña extensión (Tabla 8).

- **Números de Curva para cómputo de abstracciones en HEC-HMS**

Para determinar los CN se dibujaron mapas de tipo de suelo, uso de suelo y CN con el apoyo de ArcGIS, en base a los mapas en archivo shapefile proporcionados por INETER para la ciudad de Managua (Figura 8 y Figura 9), los cuales tuvieron que interceptarse y reclasificarse según los tipos hidrológicos del Anexo 9.

Figura 8 Shapefile de tipo de suelo recortado y tabla de atributos

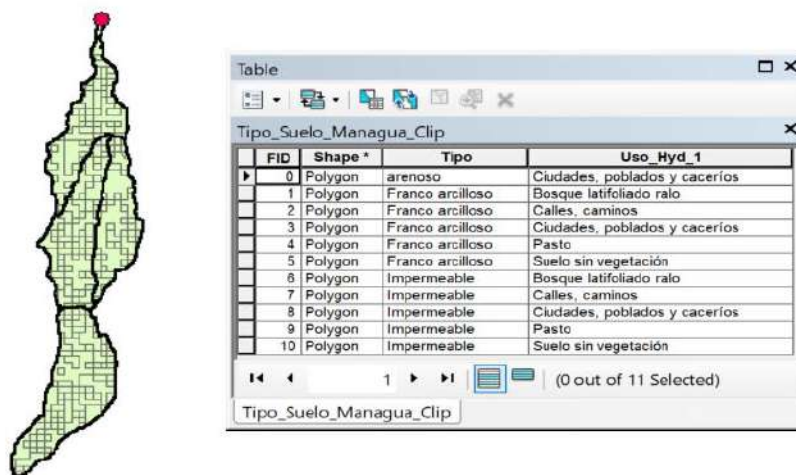
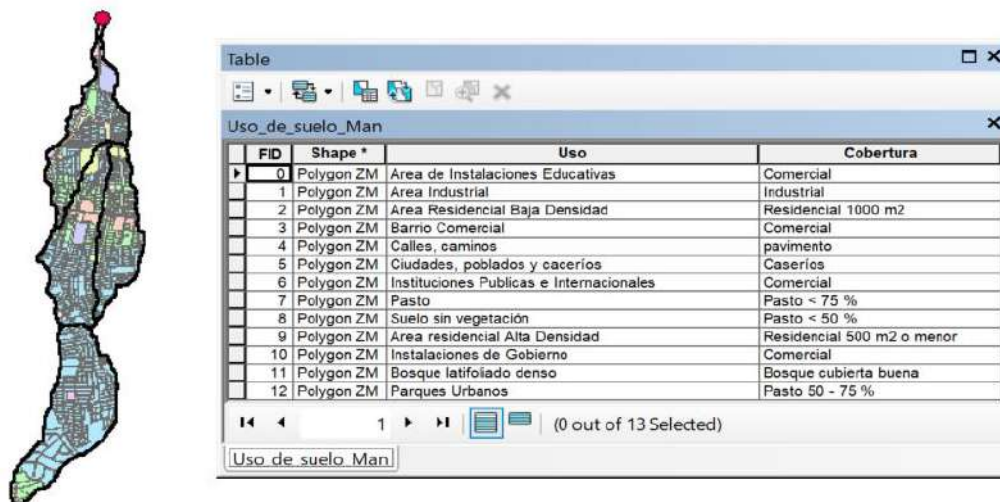


Figura 9 Shapefile de uso de suelo recortado y tabla de atributos



Los mapas reclasificados de tipo de suelo, uso de suelo y CN se encuentran en el Anexo 12, Anexo 13 y Anexo 14 respectivamente. Así mismo se dibujó el mapa de pendientes de la cuenca en Anexo 11. A continuación, en la Tabla 8 se muestra el resumen de los CN por cada cuenca:

Tabla 8 Resumen Números de Curva de subcuencas de la cuenca Portezuelo

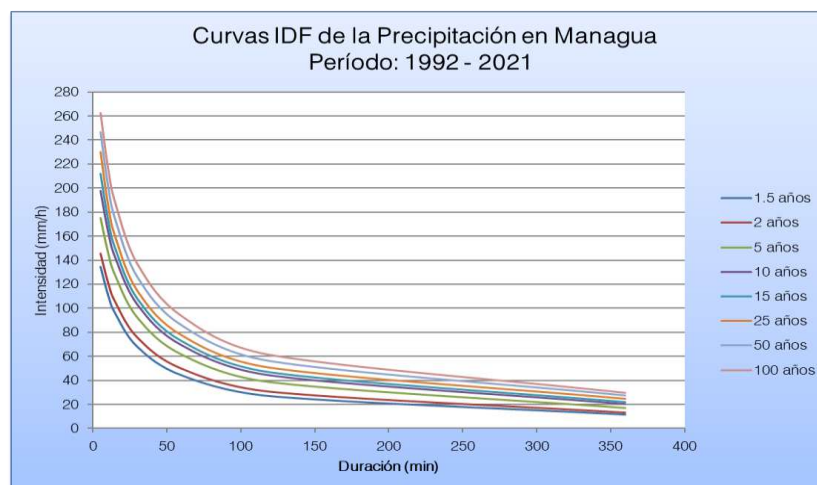
Sub cuenca	CN
WB140	91.365
WB160	90.514
WB180	89.352
WB210	87.628

El constante desarrollo urbano y reemplazo de áreas verdes por superficies impermeables que propician el escurrimiento y ralentizan la infiltración de la precipitación, son factores que implícitamente se reflejan en los altos valores de CN que las subcuencas de la cuenca Portezuelo arrojan.

7.3. Determinación de la tormenta de diseño

Con base en la información contenida en el Anexo 7, se adoptaron periodos de retorno de 25 y 50 años. La duración de la tormenta se definió en 1 hora, en base al tc estimado para la cuenca Portezuelo (52.373 min). A partir de las curvas IDF (Anexo 20), las intensidades de precipitación se convirtieron a láminas de lluvia mediante el método de bloques alternos, obteniéndose así los hietogramas de para la modelación hidrológica por cada periodo (Figura 12 y Figura 14).

Figura 10 Curvas IDF estación pluviométrica Aeropuerto Augusto C. Sandino



Nota. Adaptado de *Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación Estación Meteorológica Managua* (p. 4), por INETER, s.f.

Figura 11 *Parámetros de ajuste de la curva IDF estación Augusto C. Sandino*

Parámetros de Ajuste para las Ecuaciones de la Forma: $I = A/(t+d)^b$				
Tr (años)	R	A	d	b
1.5	-0.9999	1618.903	15	0.836
2	-0.9997	1707.181	16	0.818
5	-0.9982	1597.446	15	0.751
10	-0.9966	1432.599	13	0.703
15	-0.9953	1276.085	11	0.668
25	-0.9934	1142.595	9	0.631
50	-0.9925	1272.93	10	0.631
100	-0.9917	1413.007	11	0.632

Nota. Adaptado de *Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación Estación Meteorológica Managua* (p. 3), por INETER, s.f

Figura 12 *Hietograma de tormenta para $\Delta t = 5$ min TR-25 años*

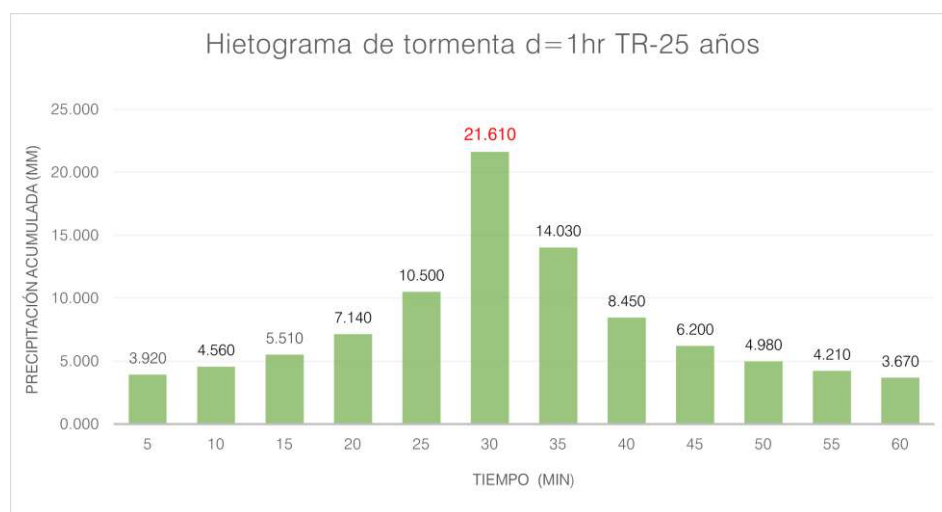


Figura 13 *Tabulación de hietograma de tormenta para periodo de retorno de 25 años*

Duración (min)	Tiempo inicial	Tiempo final	Intensidad (mm/h)	Intensidad Kcc (mm/h)	Profundidad (mm)	Profundidad Acum (mm)	Precipitación (mm)
5	0	5	216.115	259.338	21.610	21.610	3.920
10	5	10	178.237	213.885	35.640	14.030	4.560
15	10	15	153.808	184.570	46.140	10.500	5.510
20	15	20	136.496	163.795	54.590	8.450	7.140
25	20	25	123.461	148.153	61.730	7.140	10.500
30	25	30	113.222	135.866	67.930	6.200	21.610
35	30	35	104.924	125.908	73.440	5.510	14.030
40	35	40	98.034	117.641	78.420	4.980	8.450
45	40	45	92.204	110.645	82.980	4.560	6.200
50	45	50	87.194	104.632	87.190	4.210	4.980
55	50	55	82.831	99.397	91.110	3.920	4.210
60	55	60	78.991	94.789	94.780	3.670	3.670

Figura 14 Hietograma de tormenta para $\Delta t = 5 \text{ min}$ TR-50 años

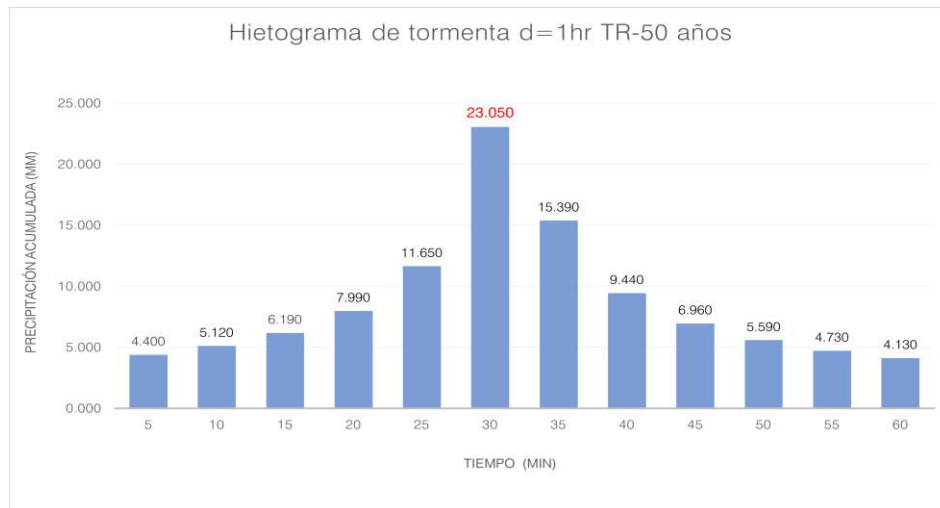


Figura 15 Tabulación de hietograma de tormenta para periodo de retorno de 50 años

Duración (min)	Tiempo inicial	Tiempo final	Intensidad (mm/h)	Intensidad Kcc (mm/h)	Profundidad Acumulada (mm)	Profundidad (mm)	Precipitación (mm)
5	0	5	230.511	276.613	23.050	23.050	4.400
10	5	10	192.245	230.694	38.440	15.390	5.120
15	10	15	166.995	200.394	50.090	11.650	6.190
20	15	20	148.847	178.617	59.530	9.440	7.990
25	20	25	135.051	162.061	67.520	7.990	11.650
30	25	30	124.138	148.966	74.480	6.960	23.050
35	30	35	115.246	138.296	80.670	6.190	15.390
40	35	40	107.834	129.400	86.260	5.590	9.440
45	40	45	101.540	121.848	91.380	5.120	6.960
50	45	50	96.115	115.338	96.110	4.730	5.590
55	50	55	91.381	109.657	100.510	4.400	4.730
60	55	60	87.206	104.648	104.640	4.130	4.130

Gracias al método de bloques alternos se obtuvieron hietogramas con patrones de lluvia intermedios donde la precipitación máxima se concentra en la mitad de la tormenta, dando como resultado 21.610 mm de lámina de agua a los 30 minutos de empezada la tormenta para un TR de 25 años y 23.050 mm para un TR de 50 años, igualmente presentándose a los 30 minutos. Es de interés mencionar que las intensidades obtenidas de las curvas IDF se magnificaron por el uso del Kcc para la zona de Managua que es del 20% (Figura 13, Figura 15).

7.4. Resultados de modelación en HEC-HMS

Los elementos resultantes de la construcción del modelo hidrológico y los parámetros utilizados para el tránsito de los hidrogramas hacia el punto de cierre se presentan a continuación:

Figura 16 Modelo de cuenca Portezuelo en HEC-HMS

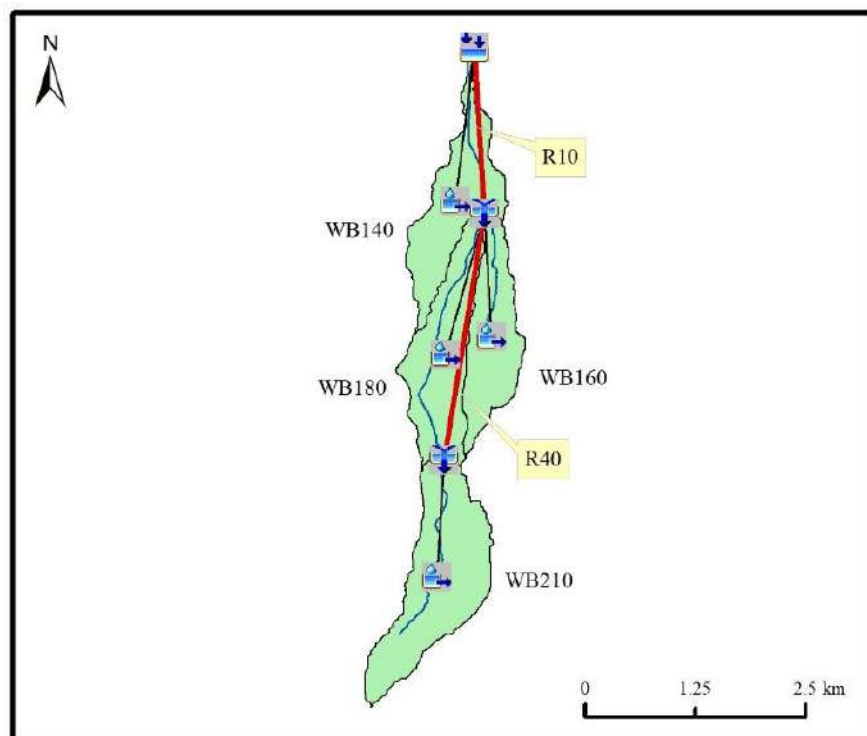


Figura 17 Componentes de cuencas en modelo de HEC-HMS

Basin Name: Cuenca Element Name: W210 Description: <input type="text"/> Downstream: J33 *Area (KM2) 1.8520 Loss Method: SCS Curve Number Transform Method: SCS Unit Hydrograph Baseflow Method: --None--	Basin Name: Cuenca Element Name: W180 Description: <input type="text"/> Downstream: J36 *Area (KM2) 1.4086 Loss Method: SCS Curve Number Transform Method: SCS Unit Hydrograph Baseflow Method: --None--
Basin Name: Cuenca Element Name: W160 Description: <input type="text"/> Downstream: J36 *Area (KM2) 1.0927 Loss Method: SCS Curve Number Transform Method: SCS Unit Hydrograph Baseflow Method: --None--	Basin Name: Cuenca Element Name: W140 Description: <input type="text"/> Downstream: Outlet1 *Area (KM2) 1.2595 Loss Method: SCS Curve Number Transform Method: SCS Unit Hydrograph Baseflow Method: --None--

Tabla 9 *Parámetros de entrada en HEC-HMS para tránsito por Onda Cinemática*

Parámetro	Ríos	
	R40	R10
Longitud de tránsito (m)	3,261.848	2,023.155
Pendiente río de tránsito (m/m)	0.021	0.014
Coeficiente Manning n	0.017	0.017
Forma de sección	Trapezoidal	Trapezoidal
Ancho de fondo de sección (m)	4	4
Talud de sección (xH:1V)	1:1	1:1

Mediante el modelo de Onda Cinemática se obtuvieron los siguientes hidrogramas y caudales en el punto de cierre para los periodos de retorno de 25 y 50 años:

Tabla 10 *Resumen caudales máximos probables*

Caudales obtenidos de simulación por Onda Cinemática	
Periodo de retorno	Caudal de descarga (m³/s)
25 años	125.128
50 años	141.389

Figura 18 *Hidrograma de tormenta de diseño TR-25*

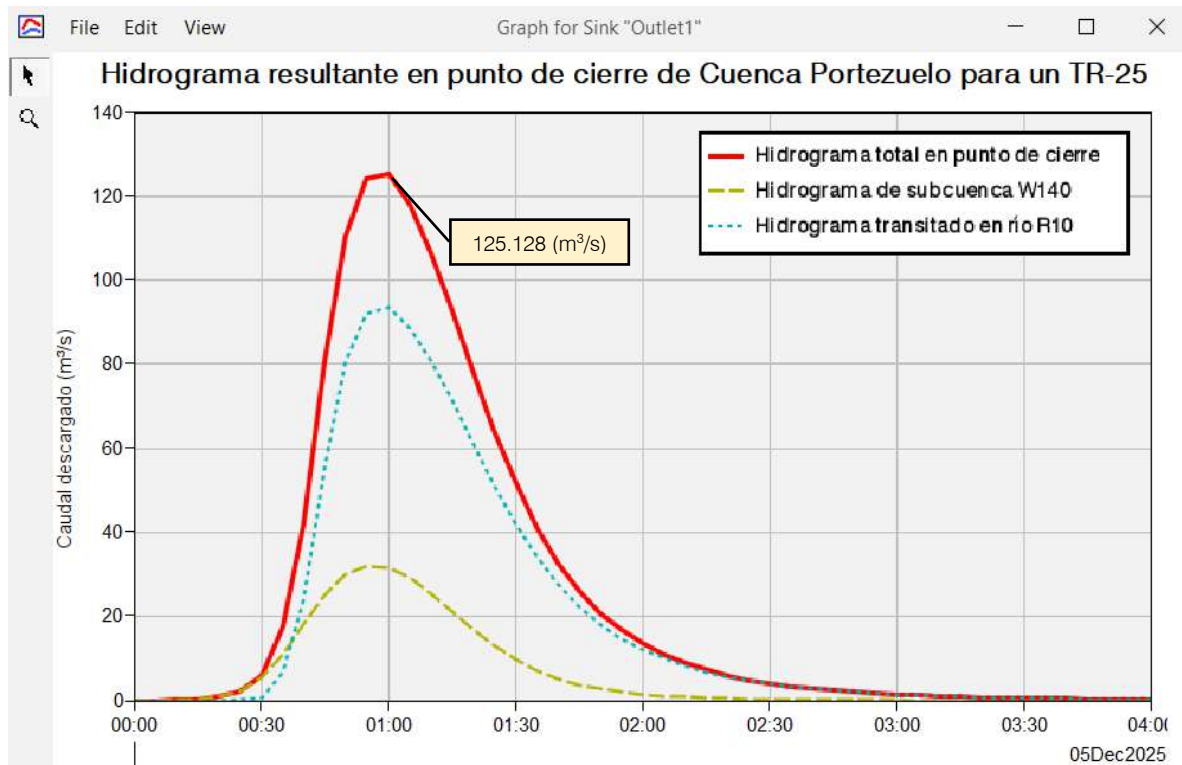


Figura 19 Resumen global de resultados para simulación TR-25

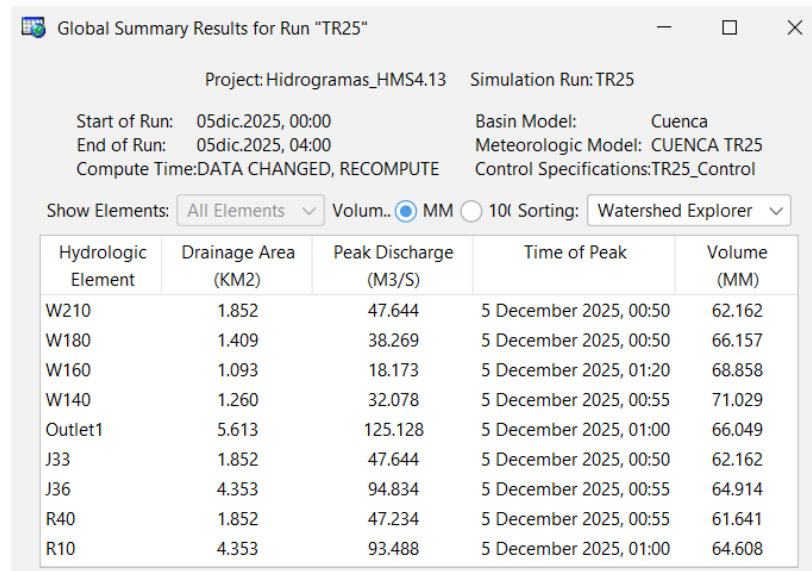
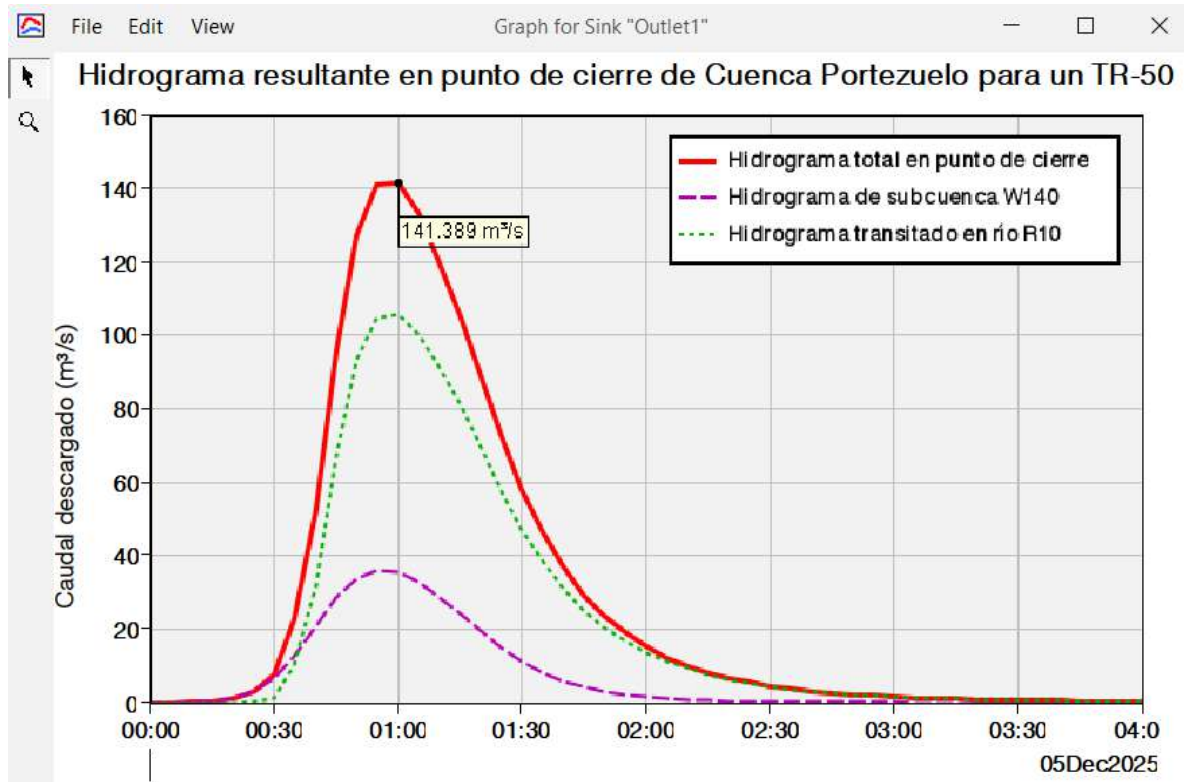


Figura 20 Hidrograma de tormenta de diseño TR-50

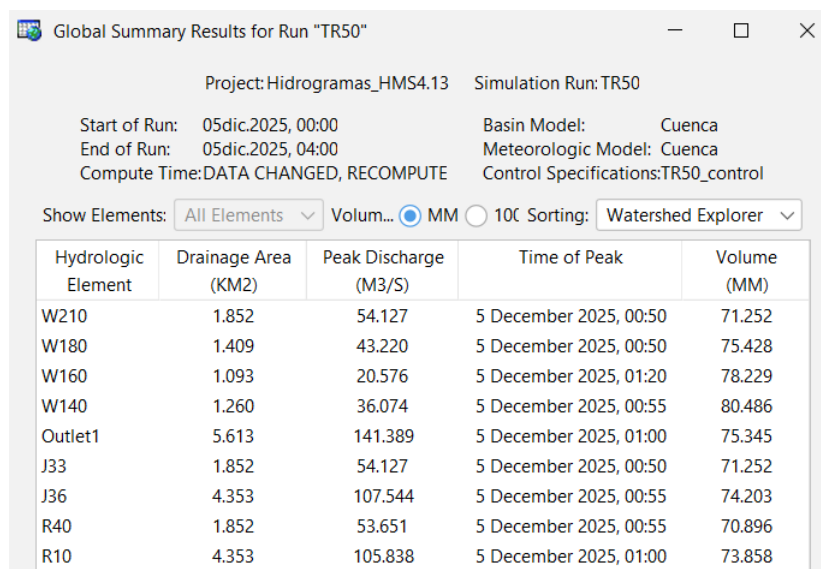


Al utilizar el método de onda cinemática para el tránsito de los hidrogramas por la cuenca Portezuelo, se despreció el efecto de atenuación en el pico, así como el efecto de almacenamiento, por lo que los hidrogramas solo se trasladaron y sumaron en el punto de cierre y no se suavizaron.

La forma del hidrograma denota un pico bastante pronunciado con un caudal de 125.128 m³/s y 141.389 m³/s para los TR-25 y TR-50 respectivamente, producido a 1 hora de comenzada la simulación completa de 4 horas (Figura 19, Figura 21).

Características físicas de la cuenca portezuelo indican que la misma tiene bajo riesgo a inundaciones y tiempo moderado de respuesta, sin embargo, la influencia de factores antropogénicos como el reemplazo de terreno natural por superficies revestidas de asfalto, captación de la escorrentía por obras de drenaje pluvial, construcción de edificaciones y deforestación, así como la contaminación de los cauces por la bota inadecuada de desechos sólidos, se sumaron para volver a la cuenca Portezuelo una amenaza de colapso hidráulico para el puente Portezuelo y de inundación para los habitantes de la zona, donde toda precipitación que se presente en la cuenca escurrirá sobre una superficie casi impermeable hacia el puente a gran velocidad y en casi su totalidad, en un periodo de tiempo bastante corto a como se refleja en la forma del hidrograma (Figura 18, Figura 20).

Figura 21 Resumen global de resultados para simulación TR-50



Project: Hidrogramas_HMS4.13 Simulation Run: TR50

Start of Run: 05dic.2025, 00:00 Basin Model: Cuenca
End of Run: 05dic.2025, 04:00 Meteorologic Model: Cuenca
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: TR50_control

Show Elements: All Elements Volum... ☒ MM 10C Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W210	1.852	54.127	5 December 2025, 00:50	71.252
W180	1.409	43.220	5 December 2025, 00:50	75.428
W160	1.093	20.576	5 December 2025, 01:20	78.229
W140	1.260	36.074	5 December 2025, 00:55	80.486
Outlet1	5.613	141.389	5 December 2025, 01:00	75.345
J33	1.852	54.127	5 December 2025, 00:50	71.252
J36	4.353	107.544	5 December 2025, 00:55	74.203
R40	1.852	53.651	5 December 2025, 00:55	70.896
R10	4.353	105.838	5 December 2025, 01:00	73.858

El caudal seleccionado para el análisis hidráulico de las estructuras es de **141.389 m³/s** correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, considerado como el escenario crítico cuyo potencial de daño a propiedades, a la vida y de pérdidas económicas es el mayor de los dos periodos.

Mediante la construcción y simulación del modelo en HEC-RAS se conocerá si el Puente Portezuelo y el canal revestido existente en el cauce Portezuelo poseen la capacidad hidráulica y velocidades apropiadas para canalizar y descargar el caudal evaluado.

7.5. Análisis preliminar de capacidad hidráulica de puente Portezuelo existente con HCanales

Se realizó un análisis preliminar de la sección del Puente Portezuelo mediante el software HCanales, donde la capacidad hidráulica existente resultó en $74.292 \text{ m}^3/\text{s}$, admitiendo un caudal hidráulico 50% menor que los estimados para las tormentas de 25 y 50 años ($125.128 \text{ m}^3/\text{s}$ y $141.389 \text{ m}^3/\text{s}$) en el análisis hidráulico, por lo que se hizo necesario conocer el comportamiento del flujo y su velocidad a través de las secciones del cauce Portezuelo mediante HEC-RAS.

Figura 22 Sección hidráulica de Puente Portezuelo existente

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	Managua	Proyecto:	Puente Portezuelo
Tramo:	0+888.20DH - 0+899.20DH	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Tirante (y):	1.9	m
Ancho de solera (b):	4	m
Talud (Z):	1	
Coefficiente de rugosidad (n):	0.017	
Pendiente (S):	0.01	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	74.2922	m ³ /s	Velocidad (v):	6.6273	m/s
Área hidráulica (A):	11.2100	m ²	Perímetro (p):	9.3740	m
Radio hidráulico (R):	1.1959	m	Espejo de agua (T):	7.8000	m
Número de Froude (F):	1.7650		Energía específica (E):	4.1386	m-Kg/Kg

7.6. Construcción de modelo hidráulico de situación actual del Puente Portezuelo en HEC-RAS

El primer paso en la modelación a través de HEC-RAS fue la creación del archivo de datos geométricos del proyecto, mediante el ingreso de la geometría del canal (Tabla 11), geometría del puente y traslado de 62 secciones transversales del cauce desde civil 3D separadas cada una por 20 m de distancia. Así mismo se ingresó en la estación 0+880 BR U el componente del Puente Portezuelo, obteniendo así el esquema del cauce apreciado en la Figura 23.

Tabla 11 Integración de geometría de canal existente en HEC-RAS

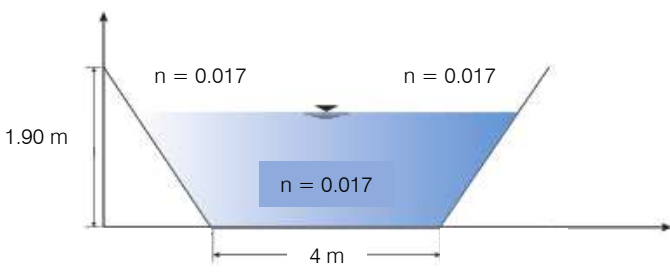
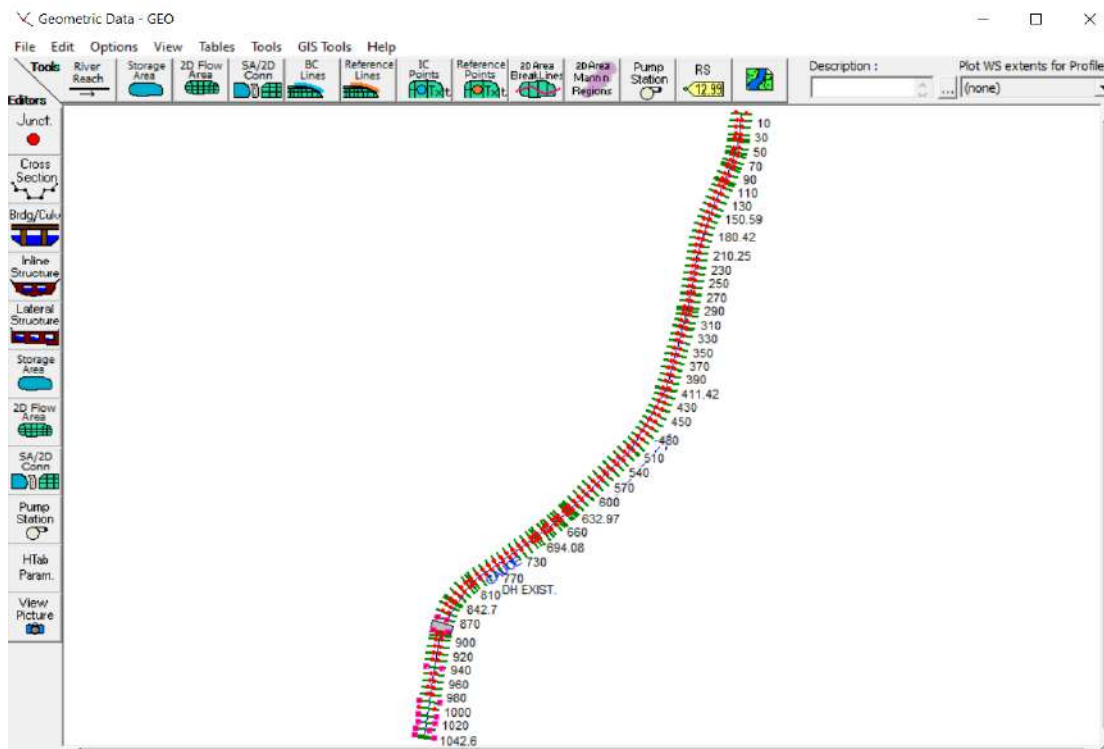
Parámetros de entrada de modelo hidráulico	
	Parámetro
	Longitud
	940.00 m
	Pendiente fondo
	0.01 m/m
	Talud
	1:1
	Caudal diseño
	141.389 m ³ /s
	Coeficiente contracción
	0.1
	Coeficiente expansión
	0.3

Figura 23 Archivo de geometría del proyecto Puente Portezuelo en HEC-RAS



7.7. Resultados de modelación hidráulica de situación actual del Puente Portezuelo en HEC-RAS

La modelación se realizó con el escenario de flujo permanente, utilizando el caudal de diseño correspondiente al periodo de retorno de 50 años, seleccionando el régimen de flujo mixto y definiendo condiciones de contorno aguas arriba y abajo del Puente

Portezuelo, dado que el análisis preliminar con HCanales mostró que el régimen predominante en el Puente Portezuelo es supercrítico (Figura 22), de igual forma el puente se considera como obstáculo para el flujo en el cauce y aguas abajo del mismo el cauce Portezuelo desemboca sus aguas en las llanuras del Lago Xolotlán. Una vez ejecutada la simulación del modelo se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 24 Resumen simulación hidráulica canal existente, sector Puente Portezuelo en flujo permanente de HEC-RAS

Plan: TR.50 CAUCE DH EXIST. RS: 880 BR U Profile: PF 1						
E.G. Elev (m)	63.64	Element	Left OB	Channel	Right OB	
Vel Head (m)	1.41	Wt. n-Val.	0.017	0.017	0.017	
W.S. Elev (m)	62.23	Reach Len. (m)	11.00	11.00	11.00	
Crit W.S. (m)	62.23	Flow Area (m2)	3.64	21.68	1.90	
E.G. Slope (m/m)	0.009203	Area (m2)	3.64	21.68	1.90	
Q Total (m3/s)	141.39	Flow (m3/s)	15.53	118.20	7.65	
Top Width (m)	9.74	Top Width (m)	1.92	6.87	0.94	
Vel Total (m/s)	5.19	Avg. Vel. (m/s)	4.26	5.45	4.03	
Max Chl Dpth (m)	4.28	Hydr. Depth (m)	1.89	3.16	2.01	
Conv. Total (m3/s)	1473.9	Conv. (m3/s)	161.9	1232.1	79.8	
Length Wtd. (m)	11.00	Wetted Per. (m)	5.55	22.84	3.15	
Min Ch El (m)	57.94	Shear (N/m2)	59.26	85.69	54.39	
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	252.65	467.09	218.96	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	3.16	11.66	2.51	
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	7.87	6.80	9.43	

Figura 25 Nivel de agua en sección 0+870 aguas abajo de Puente Portezuelo

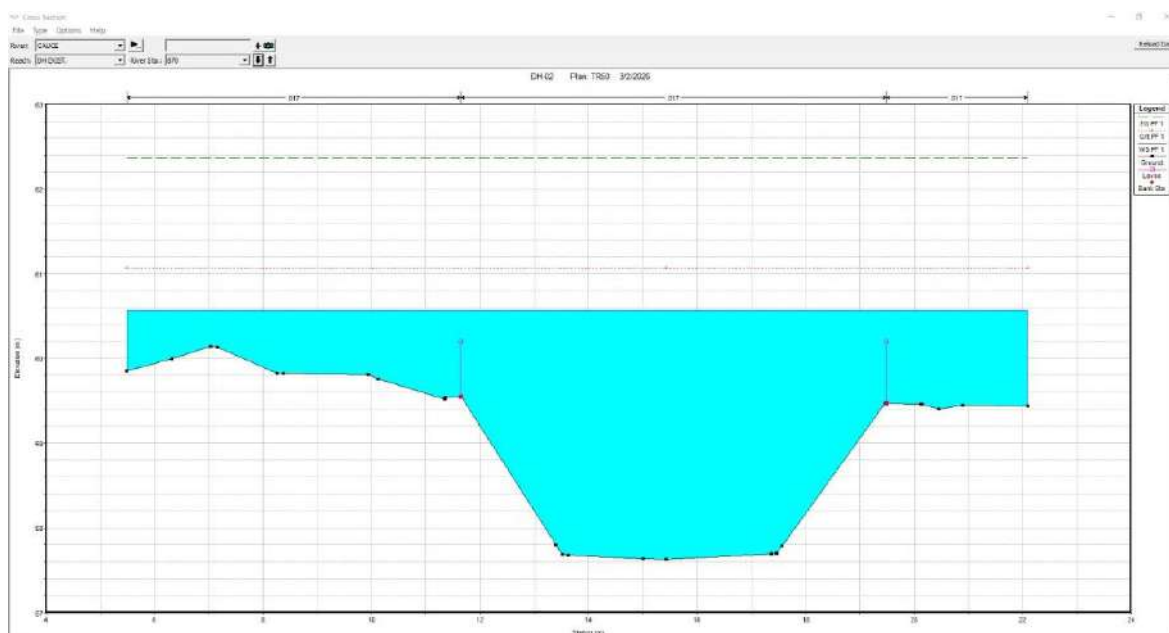


Figura 26 Nivel de agua en sección 0+880 BR U Puente Portezuelo

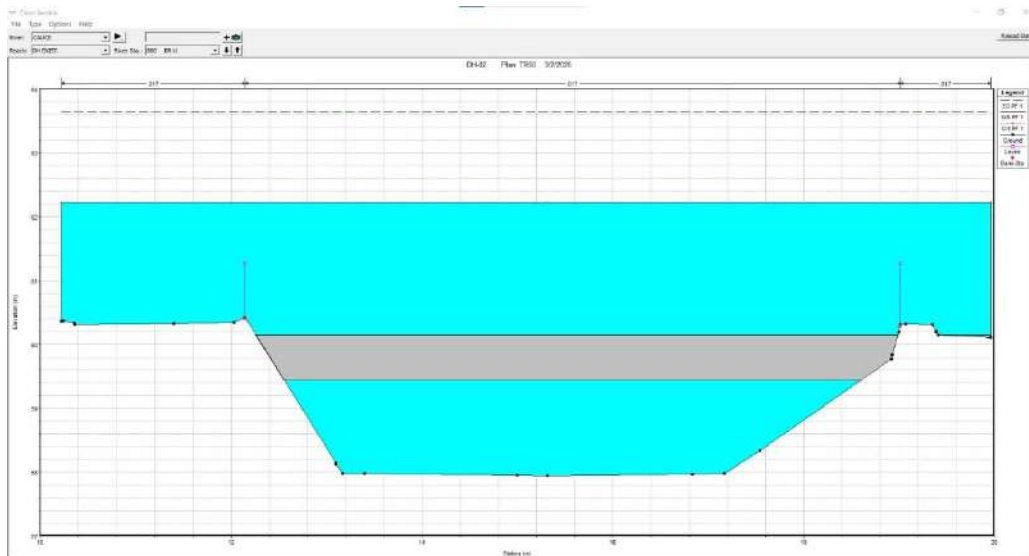


Figura 27 Puente Portezuelo en estación de cauce 0+887.82



Figura 28 Perfil de lámina de agua en cauce Portezuelo existente

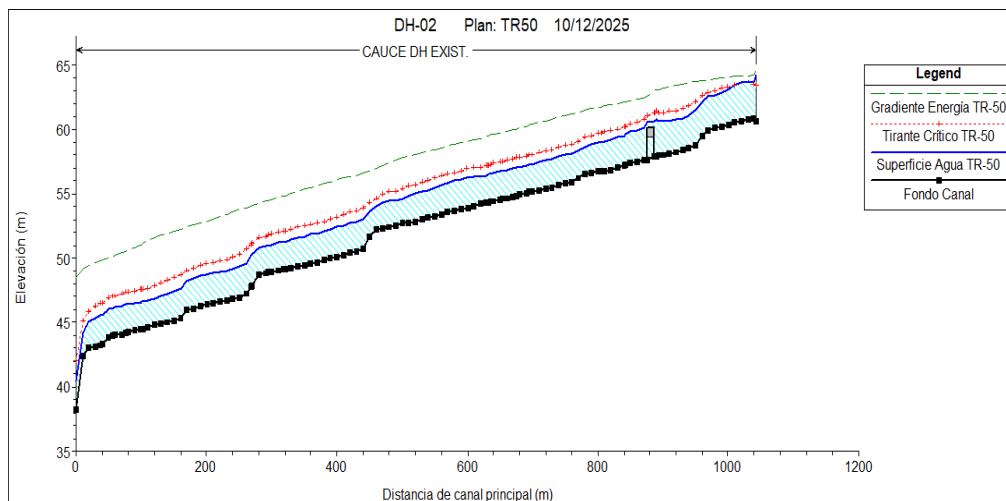


Tabla 12 *Resumen simulación hidráulica 1D de Puente Portezuelo en flujo permanente de HEC-RAS*

Resultados de simulación situación actual Puente Portezuelo TR = 50 años	
Velocidad	5.19 m/s
Cota de lámina de agua	62.23 m.s.n.m
Borde libre	Puente sin capacidad hidráulica

La simulación refleja la falta de capacidad hidráulica que posee la sección del canal revestido para evacuar correctamente caudales, lo que provoca que más del 90 % de las secciones de la obra sean rebasadas por el nivel del agua inundando no solo el Puente Portezuelo, sino también las laderas del canal y consigo propiedades de habitantes de la zona. Así mismo las velocidades producidas por el flujo son mayores al límite superior permitido por ALMA en canales revestidos de mampostería (5.00 m/s), las cuales están produciendo erosión, desprendimiento del material de revestimiento del canal y daños estructurales en el Puente Portezuelo a como se observa en el Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 respectivamente.

7.1. Pre dimensionamiento de sección hidráulica de propuesta de diseño del puente y cauce Portezuelo en HCanales

Para atender la problemática actual se propuso un nuevo diseño hidráulico del canal revestido en el cauce Portezuelo. La propuesta consta de cambiar la forma y dimensiones de la geometría del canal revestido, pasando de una sección trapezoidal a una rectangular de 7 m de ancho y 3 m de profundidad; así como elevar la cota de la losa inferior del Puente Portezuelo en 0.20 m, además del cambio del material de construcción de mampostería de piedra cantera revestida a un armazón de acero revestido de concreto hidráulico.

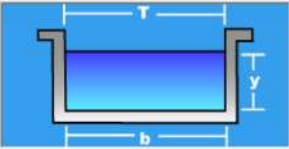
Haciendo uso del programa HCanales se ejecutó el pre dimensionamiento de las nuevas secciones para el Puente y cauce Portezuelo, dando como resultado una capacidad hidráulica de 185.593 m³/s para el puente y 170.067 m³/s para el cauce, significando un incremento de transporte de caudales del 150% comparado con las obras existentes (74.292 m³/s). No obstante, las velocidades producidas en las estructuras superan los 7.00 m/s normados por ALMA (1991), dado al incremento en el radio hidráulico de las secciones (Figura 29, Figura 30).

Figura 29 Pre dimensionamiento de sección hidráulica propuesta del puente Portezuelo en HCanales

Calculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Managua** Proyecto: **Puente Portezuelo**
 Tramo: **0+888.20DH - 0+899.20DH** Revestimiento: **Concreto**

Datos:
 Tirante (y): **3.20** m
 Ancho de solera (b): **7** m
 Talud (Z): **0**
 Coeficiente de rugosidad (n): **0.017**
 Pendiente (S): **0.01** m/m



Resultados:
 Caudal (Q): **185.5929** m³/s Velocidad (v): **8.2854** m/s
 Área hidráulica (A): **22.4000** m² Perímetro (p): **13.4000** m
 Radio hidráulico (R): **1.6716** m Espejo de agua (T): **7.0000** m
 Número de Froude (F): **1.4788** Energía específica (E): **6.6989** m-Kg/Kg

Figura 30 Pre dimensionamiento de sección hidráulica propuesta del cauce Portezuelo en HCanales

Calculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Managua** Proyecto: **Puente Portezuelo**
 Tramo: **0+888.20DH - 0+899.20DH** Revestimiento: **Concreto**

Datos:
 Tirante (y): **3** m
 Ancho de solera (b): **7** m
 Talud (Z): **0**
 Coeficiente de rugosidad (n): **0.017**
 Pendiente (S): **0.01** m/m



Resultados:
 Caudal (Q): **170.0674** m³/s Velocidad (v): **8.0984** m/s
 Área hidráulica (A): **21.0000** m² Perímetro (p): **13.0000** m
 Radio hidráulico (R): **1.6154** m Espejo de agua (T): **7.0000** m
 Número de Froude (F): **1.4928** Energía específica (E): **6.3428** m-Kg/Kg

7.2. Construcción de modelo hidráulico de propuesta de diseño del Puente Portezuelo en HEC-RAS

Debido a las altas velocidades presentadas en el pre dimensionamiento se incluyeron gradas de 1 m de profundidad en el diseño, con el fin de amortiguar la velocidad del caudal para brindar mayor estabilidad estructural a las obras y evitar el resalto hidráulico tanto en la sección del Puente Portezuelo como en la desembocadura al Lago Xolotlán, garantizando una transición suave del flujo supercrítico en el canal al cuerpo de agua estático que representa el lago.

A continuación, se muestran los componentes que forman el modelo de la propuesta en HEC-RAS con el módulo de flujo permanente y régimen de flujo mixto:

Tabla 13 Integración de geometría de canal propuesto en HEC-RAS

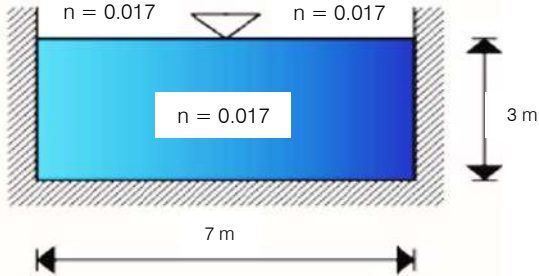
Parámetros de entrada de modelo hidráulico propuesto		
	Parámetro	
	Longitud	940.00 m
	Pendiente fondo	0.01 m/m
	Caudal diseño	141.389 m ³ /s
	Coeficiente contracción	0.1
	Coeficiente expansión	0.3

Figura 31 Datos de sección transversal propuesta de diseño en HEC-RAS

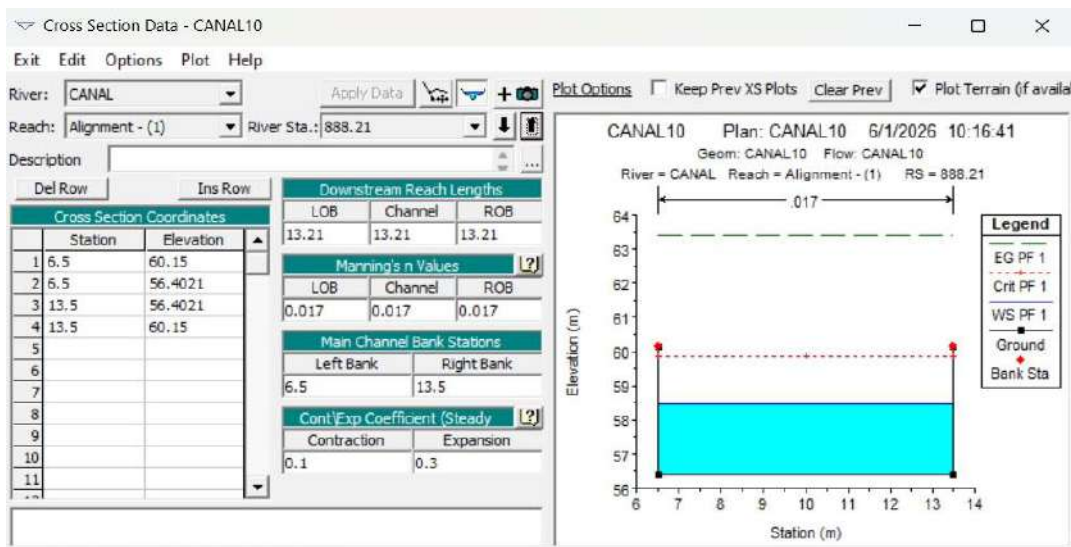
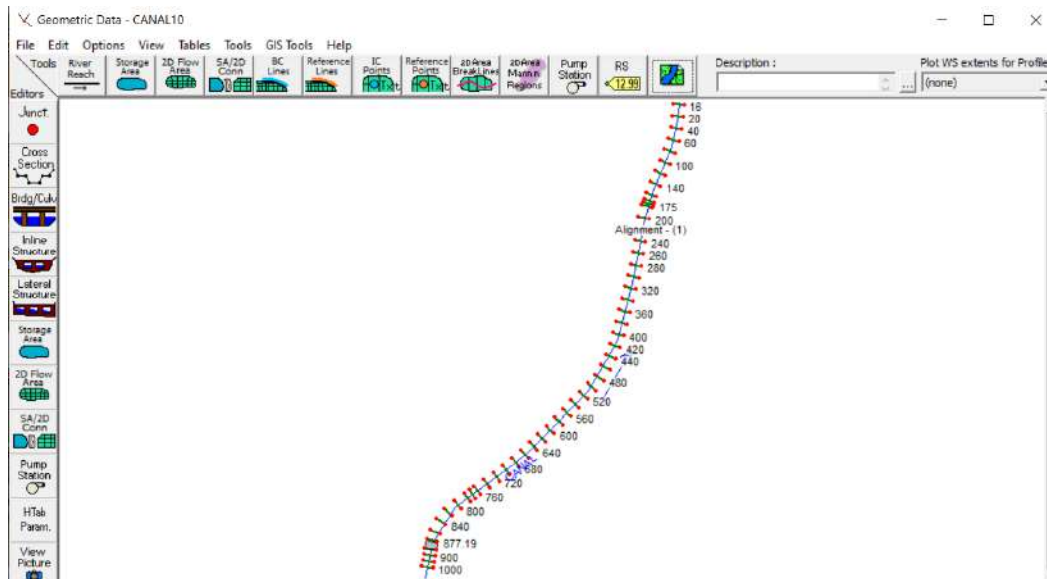


Figura 32 Archivo de geometría de propuesta diseño Puente Portezuelo en HEC-RAS



7.3. Resultados de modelación de propuesta de diseño hidráulico del Puente Portezuelo en HEC-RAS

El modelo de la nueva propuesta se sometió al escenario de caudal del TR de 50 años, con régimen de flujo mixto y condiciones de contorno aguas arriba y abajo del Puente Portezuelo, al ejecutar la simulación del modelo se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 33 Resumen simulación hidráulica canal propuesto, sección 0+888.20 BR D

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	CANAL	Profile:	PF 1		
Reach	Alignment - (1)	RS:	888.20 BR D	Plan:	TR50
Plan: TR50 CANAL Alignment - (1) RS: 888.20 BR D Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	62.41	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	3.81	Wt. n-Val.		0.017	
W.S. Elev (m)	58.60	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	59.64	Flow Area (m2)		16.30	
E.G. Slope (m/m)	0.013825	Area (m2)		16.30	
Q Total (m3/s)	141.00	Flow (m3/s)		141.00	
Top Width (m)	7.00	Top Width (m)		7.00	
Vel Total (m/s)	8.65	Avg. Vel. (m/s)		8.65	
Max Chl Dpth (m)	2.33	Hydr. Depth (m)		2.33	
Conv. Total (m3/s)	1199.2	Conv. (m3/s)		1199.2	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		11.66	
Min Ch El (m)	56.27	Shear (N/m2)		189.59	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		1639.82	
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)		14.49	0.00
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		6.12	0.00

Figura 34 Resumen simulación hidráulica de Puente Portezuelo en canal propuesto, sección 0+888.20

Bridge Output					
File Type Options Help					
River:	CANAL	Profile:	PF 1		
Reach	Alignment - (1)	RS:	888.20	Plan:	TR50
Plan: TR50 CANAL Alignment - (1) RS: 888.20 Profile: PF 1					
E.G. US. (m)	62.59	Element	Inside BR US	Inside BR DS	
W.S. US. (m)	58.72	E.G. Elev (m)	62.59	62.42	
Q Total (m3/s)	141.39	W.S. Elev (m)	58.72	58.60	
Q Bridge (m3/s)	141.39	Crit W.S. (m)	59.64	59.64	
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.32	2.33	
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	8.72	8.65	
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	16.22	16.34	
Weir Submerg		Froude # Chl	1.83	1.81	
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	144.49	143.85	
Min El Weir Flow (m)	60.35	Hydr Depth (m)	2.32	2.33	
Min El Prs (m)	59.64	W.P. Total (m)	11.63	11.67	
Delta EG (m)	0.22	Conv. Total (m3/s)	1190.4	1202.7	
Delta WS (m)	0.09	Top Width (m)	7.00	7.00	
BR Open Area (m2)	22.67	Frctn Loss (m)	0.15	0.03	
BR Open Vel (m/s)	8.72	C & E Loss (m)	0.02	0.02	
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	192.86	189.76	
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	1681.45	1642.40	
Errors, Warnings and Notes					

Figura 35 Nivel de agua en sección transversal 0+888.20 BR D puente propuesto

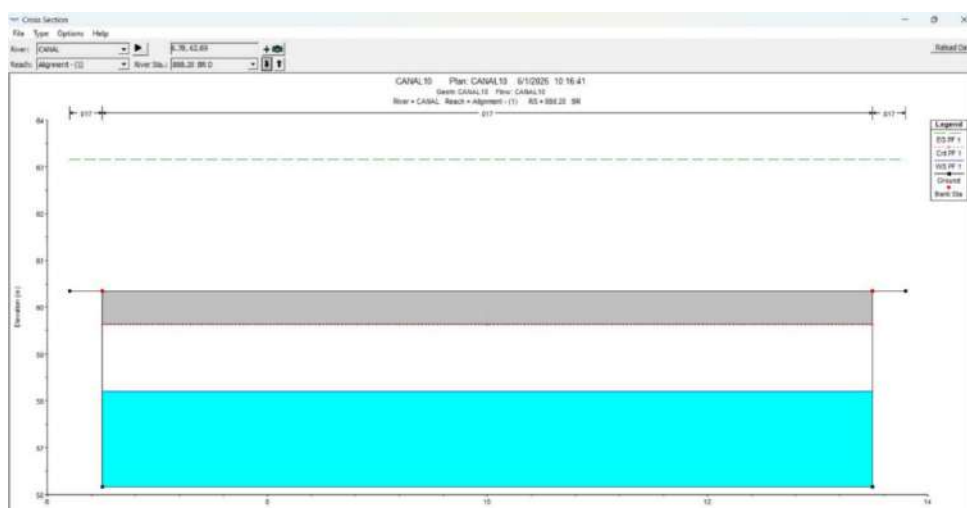


Figura 36 Nivel de agua en sección transversal 0+899.20 BR U puente propuesto

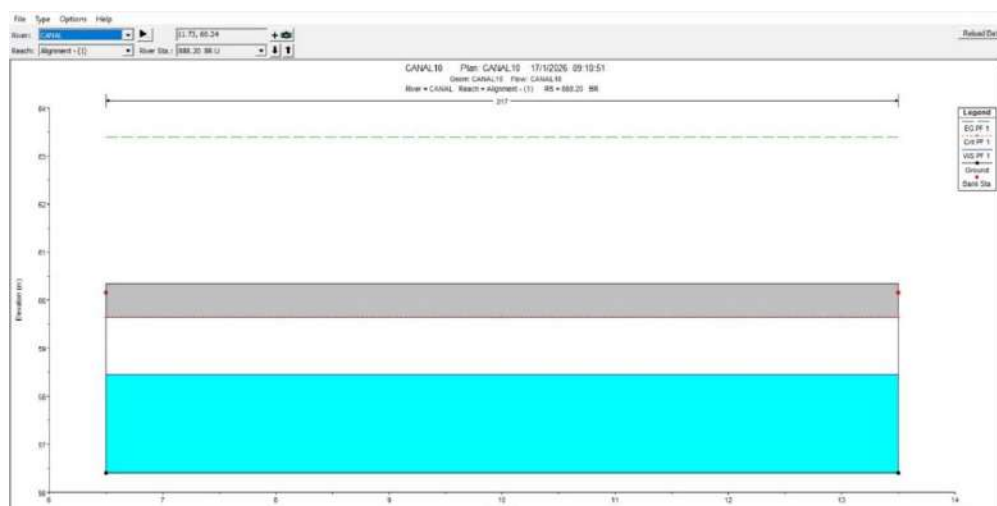


Figura 37 Perfil de lámina de agua en canal propuesto

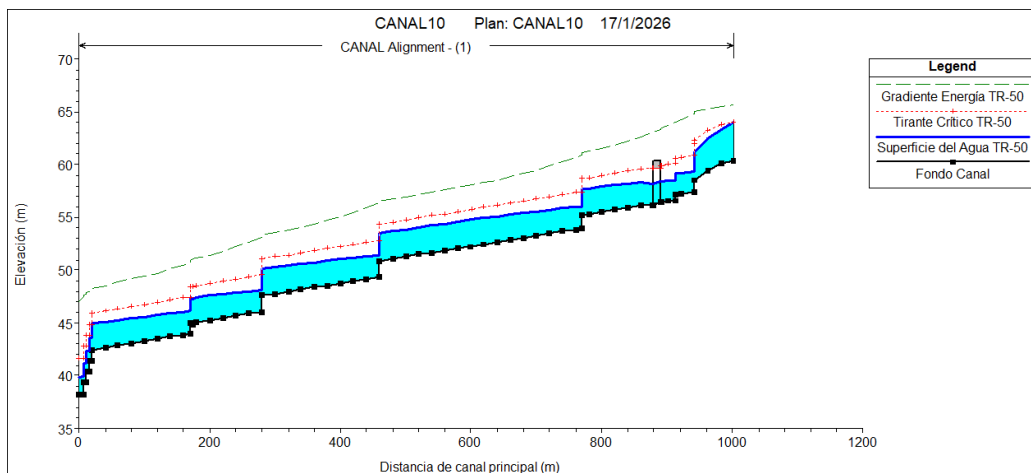


Figura 38 Vista 3D de lámina de agua en canal propuesto y Puente Portezuelo

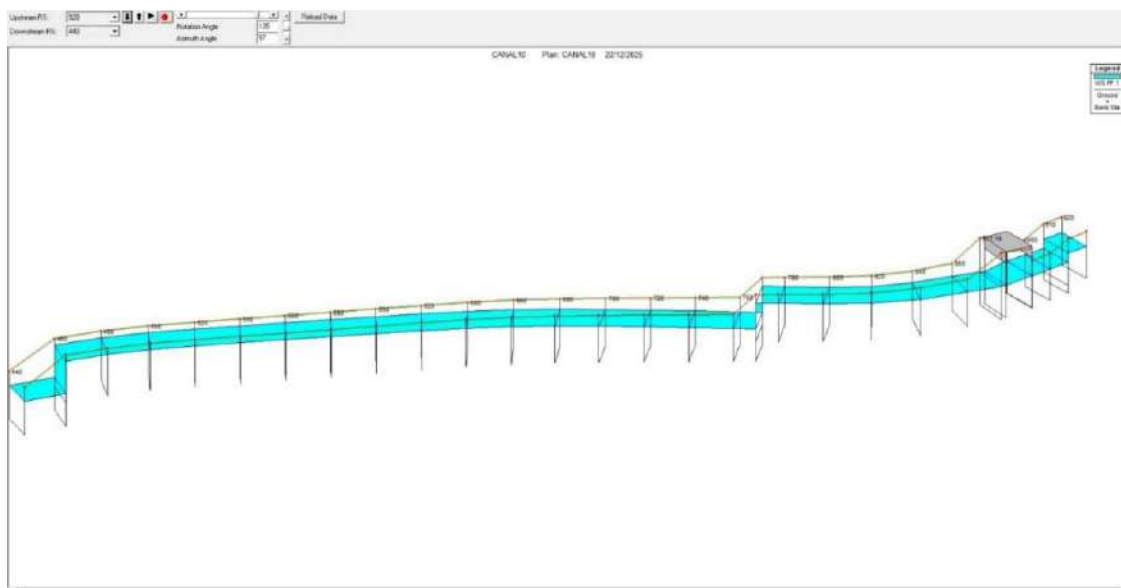


Tabla 14 Resumen simulación hidráulica 1D de propuesta diseño en HEC-RAS

Resultados de simulación propuesta de diseño Puente Portezuelo TR = 50 años	
Velocidad	8.65 m/s
Cota de lámina de agua	58.46 m.s.n.m
Borde libre	1.00 m

Los resultados muestran que el flujo se conduce de manera adecuada dentro de la sección propuesta, sin presentarse desbordamientos ni afectaciones aguas arriba, ya que el nivel de la lámina de agua se mantiene por debajo de la losa inferior del puente, garantizando un área hidráulica suficiente y un comportamiento estable del flujo.

8. CONCLUSIONES

1. A través de visita de campo y levantamiento topográfico se observó deterioro estructural en la superestructura del Puente Portezuelo, en paredes y fondo del canal existente, causados por el efecto erosivo de la velocidad del flujo durante las crecientes (5.19 m/s); asimismo el estancamiento de residuos sólidos depositados dentro del canal por mano de los pobladores del barrio, lo que reduce el área hidráulica del canal y por ende la capacidad hidráulica; de la misma forma se observaron conexiones ilegales de aguas grises en las secciones del cauce, provocando que exista un escurrimiento permanente de agua residual sobre la superficie, cuya estimación de volumen se encuentra fuera de los alcances de la presente investigación.
2. En general todas las características morfométricas concurren que el sistema general podría tener un comportamiento adecuado en el escurrimiento, es decir los resultados indican que casi todas las subcuencas presentan una tendencia media a baja a las crecientes, sin embargo esta afirmación resulta un tanto contradictoria, dado que el barrio La Primavera resulta severamente afectado cada año por las inundaciones, esta es una limitante que presenta el estudio morfométrico, pues no considera la capacidad de escurrimiento asociado a la cobertura y al arreglo urbano.
3. Los resultados de la modelación en HEC-RAS confirman la severa insuficiencia hidráulica del Puente Portezuelo actual, el cual queda completamente sumergido ante un evento con periodo de retorno de 50 años. Esta falla se debe a que la sección trapezoidal existente (4 m de base, 1.90 m de altura, $z=1$ y $Q_{hidráulico}$ 74.292 m³/s) no tiene la capacidad de conducir el caudal pico de 141.389 m³/s generado por la cuenca, la cual presenta una respuesta hidrológica rápida debido a su alto grado de urbanización e impermeabilidad.
4. La propuesta de rediseño del canal actual trapezoidal a uno de sección rectangular de 7.00 m x 3.00 m con $S=1.00\%$ fue analizada mediante HEC-RAS para un caudal de diseño de TR = 50 años (141.389 m/s), modelo que indicó que la sección propuesta es capaz de conducir el caudal de diseño en su totalidad con un excedente de capacidad de más del 31%, sin presentar desbordamiento, alcanzándose un tirante normal máximo de 2.33 m, lo que proporciona un borde libre aproximado de 1.00 m respecto a la altura del nivel de agua en la sección y el nivel inferior del Puente Portezuelo.

5. En la modelación de la propuesta se obtuvieron velocidades del orden de 8.60 a 8.70 m/s, desarrollándose un régimen de flujo supercrítico (F_r cercano a 1.8), condición coherente con un canal de drenaje pluvial revestido de concreto, garantizando la evacuación rápida del agua, no obstante, esta supera el límite de 7.00 m/s recomendado por la normativa de ALMA para concreto convencional.
6. Igualmente, se determinó que la elevación de la losa del puente en 0.20 m respecto a su nivel actual, en combinación con el descenso del fondo del canal, es suficiente para garantizar que el nivel de la superficie del agua no entre en contacto con la estructura superior. Con esto, se cumple el objetivo de evitar que el puente trabaje a presión, eliminando las fuerzas de empuje que podrían comprometer la integridad estructural del puente Portezuelo.
7. Finalmente, el estudio hidrotécnico demuestra que la sustitución del cauce Portezuelo no es solo una mejora de infraestructura vial, sino una medida de mitigación de desastres esencial. El diseño propuesto garantiza la continuidad del tráfico y la seguridad de los habitantes del barrio La Primavera, proporcionando una solución técnica viable frente a las condiciones actuales de cambio climático y urbanización descontrolada.

9. RECOMENDACIONES

1. Se insta a mejorar la calidad de los estudios hidrológicos por medio de la instalación de Estaciones Pluviométricas en la cuenca del cauce Portezuelo. El presente estudio depende de los hietogramas de lluvia ingresados en el programa, sin embargo, los equipos de medición de precipitación no se encuentran geográficamente dentro de la cuenca en estudio.
2. Actualización constante de los DEM, mapas de uso y tipo de suelo por parte de las autoridades correspondientes como son INETER y la Alcaldía de Managua, para una efectiva representación de las características reales de las Subcuencas, ya que el desarrollo de modelos hidrológicos es bastante sensible a estos tipos de datos.
3. Para el modelamiento de cuencas en entornos urbanos y con cauces artificiales o modificados se recomienda ampliamente la utilización de modelos de tránsito hidráulico como el de Onda Cinemática, con el objetivo de incluir el comportamiento físico e hidráulico de los cauces, así como las fuerzas que interactúan con el flujo como lo son las fuerzas gravitatorias y de fricción.
4. Se recomienda que en lo posible se amplíe el alcance de la topografía hacia aguas arriba del puente Portezuelo y los extremos del cauce Portezuelo, para tener una visión más amplia del comportamiento de inundaciones en las cercanías al cauce.
5. Se sugiere que el revestimiento de la sección propuesta debe contemplar concreto de alta resistencia para mitigar procesos erosivos y daños estructurales a largo plazo provocados por la energía cinética del agua, debido a que la velocidad del flujo supera el límite normativo convencional de 7.00 m/s para concreto.
6. Para el manejo de las altas velocidades, se recomienda la implementación gradas en el fondo del canal las cuales actúan como un mecanismo de disipación de energía por impacto y formación de resalto hidráulico. Estas estructuras son vitales para reducir la fuerza de arrastre del agua, protegiendo el revestimiento de concreto contra la erosión prematura y asegurando que el flujo llegue a la sección del puente con una velocidad más manejable.

7. Se recomienda que las autoridades correspondientes desarrollen e implementen un programa constante de educación ambiental a la población del Barrio La Primavera y adyacentes, para reducir o eliminar la tira de basura en el cauce Portezuelo. También se incita a una adecuada planificación urbana para establecer el derecho de vía del cauce y que este sea respetado por los habitantes, dado que, durante periodos lluviosos de alta intensidad, las corrientes se transforman en crecidas violentas que dispersan sedimentos y desechos hacia las calles y propiedades de la zona.
8. Un plan regulador o de protección medio ambiental debe reconsiderarse en la cuenca debido a que resultaría beneficioso para la protección del manto acuífero. De igual manera se recomienda la conformación de una comisión que investigue el cumplimiento las restricciones de usos de suelos en la región sur de la subcuenca e igualmente que se examine la forma en que se está vertiendo el agua hacia los canales.
9. Se recomienda encarecidamente que las autoridades pertinentes y urbanizadores de la zona implementen Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en las subcuencas altas y medias de la cuenca Portezuelo. Dado que el diseño del nuevo puente y cauce se calculó para un caudal crítico de $141.389 \text{ m}^3/\text{s}$, cualquier incremento en la impermeabilización del suelo por futuras construcciones pondría en riesgo el borde libre de la estructura. La integración de pozos de absorción, pavimentos permeables, techos verdes y jardines de lluvia en las nuevas urbanizaciones permitiría amortiguar los picos de escorrentía, aumentar el tiempo de concentración de la cuenca y fomentar la infiltración in situ.

10. REFERENCIAS

- Alcaldía de Managua [ALMA]. (1991). *Reglamento de Drenaje Pluvial para el área del municipio de Managua*. Ministerio de la Vivienda y Asentamientos Humanos.
- Alcaldía de Managua [ALMA]. (2018). *Plan Maestro de escorrentía superficial (PEMES) del municipio de Managua. Efectos del cambio climático*.
- Areas Esquivel , N. (31 de Marzo de 2015). Avanza revestimiento de cauces en Managua. *El 19 Digital*. <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:27628-avanza-revestimiento-de-cauces-en-managua>
- Basso S., E., Neira C., H., Arriagada T., A., & Pérez D., M. (1972). *Manual de Instrucciones, Estudios Hidrológicos Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano*. Organización Meteorológica Mundial (OMM); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). <https://library.wmo.int/idurl/4/32688>
- California Department of Transportation (Caltrans). (2020). CHAPTER 810 - HYDROLOGY. En C. D. (Caltrans), *Highway Design Manual* (pág. 62).
- Castilla Miranda, K. J., & Cruz Suarez, R. (2023). *Análisis hidrológico e hidráulico del cauce natural El Carrizal de zonas 4 y 7 de la ciudad de Juigalpa Chontales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Castillo Largaespada, E. A., & Rojas Murillo, E. (2024). *Diseño Hidrotécnico de las obras de drenaje transversal y su impacto ambiental, del tramo de carretera: "El Arenal - Los Robles", municipio de Jinotega*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chow, V. T., & Singh, V. P. (2017). *Handbook of applied hydrology* (2nd ed.). (V. P. Singh, Ed.) McGraw-Hill Education. <https://doi.org/978-0-07-183509-1>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano* (Vol. Libro 19). Coyoacán, México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://doi.org/978-607-626-019-7>

- Dirección de Caminos Municipales del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2011). *Guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales*. MTI.
- FHWA. (2024). *Highway Hydrology*. (Tercera ed.). Federal Highway Administration.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER]. (s.f.). *Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación Estación Meteorológica Managua*. Dirección General de Meteorología INETER.
- Milán, J. (5 de Junio de 2015). Una lluvia poco frecuente sobre Managua. *El 19 Digital*. <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:30068-una-lluvia-poco-frecuente-sobre-managua>
- Ministerio de Transporte e Infraestructura [MTI]. (2017). *Guía Metodológica Hidrotecnia Vial incorporando la adaptación al Cambio Climático*. MTI.
- Miranda Prado, C. A., & Gómez Bermúdez, K. J. (2019). *Modelación Hidrológica y propuesta de un sistema de control de torrentes en la subcuenca III del cauce El Borbollón a través de un análisis bidimensional mediante el software Riverflow2D*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Musy, A., & Higy, C. (2011). *Hydrology: A science of nature* (English ed.). CRC Press Taylor and Francis Group, LLC. <https://doi.org/978-1-57808-709-9>
- Natural Resources Conservation Service (NRCS). (1999). *Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55 TR-55 Second Edition*.
- Ortiz Cárdenas, D. E. (2018). *Revisión del Estudio Hidrotécnico del puente Ayapal, ubicado en el municipio de San José de Bocay, departamento de Jinotega*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería .
- Palacios, R. [@richard.palacios988]. (18 de Septiembre de 2025a). [Video]. TikTok: https://www.tiktok.com/@richard.palacios988/video/7551562448055143692?is_from_webapp=1&sender_device=pc&web_id=7583911293220865547
- Palacios, R. [@richard.palacios988]. (18 de Septiembre de 2025b). [Video]. TikTok: https://www.tiktok.com/@richard.palacios988/video/7551593643170172216?is_from_webapp=1&sender_device=pc&web_id=7583911293220865547
- Pérez Aburto, L. J., & Sánchez Molina, F. G. (2015). *Estudio Hidrotecnico del puente vehicular Tierra Prometida, en el Distrito III del municipio de Managua*. Managua:

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Rodríguez, G. (28 de Septiembre de 2025). Alcaldía de Managua reporta 92% de avance en cauce La Primavera. VOS TV. <https://www.vostv.com.ni/nacionales/45117-alcaldia-de-managua-reporta-92-de-avance-en-cauce/>

Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2021). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica* (Segunda ed.). SIECA.

Srivastava, R., & Jain, A. (2017). *Engineering Hydrology*. Chennai: McGraw Hill Education (India) Private Limited.

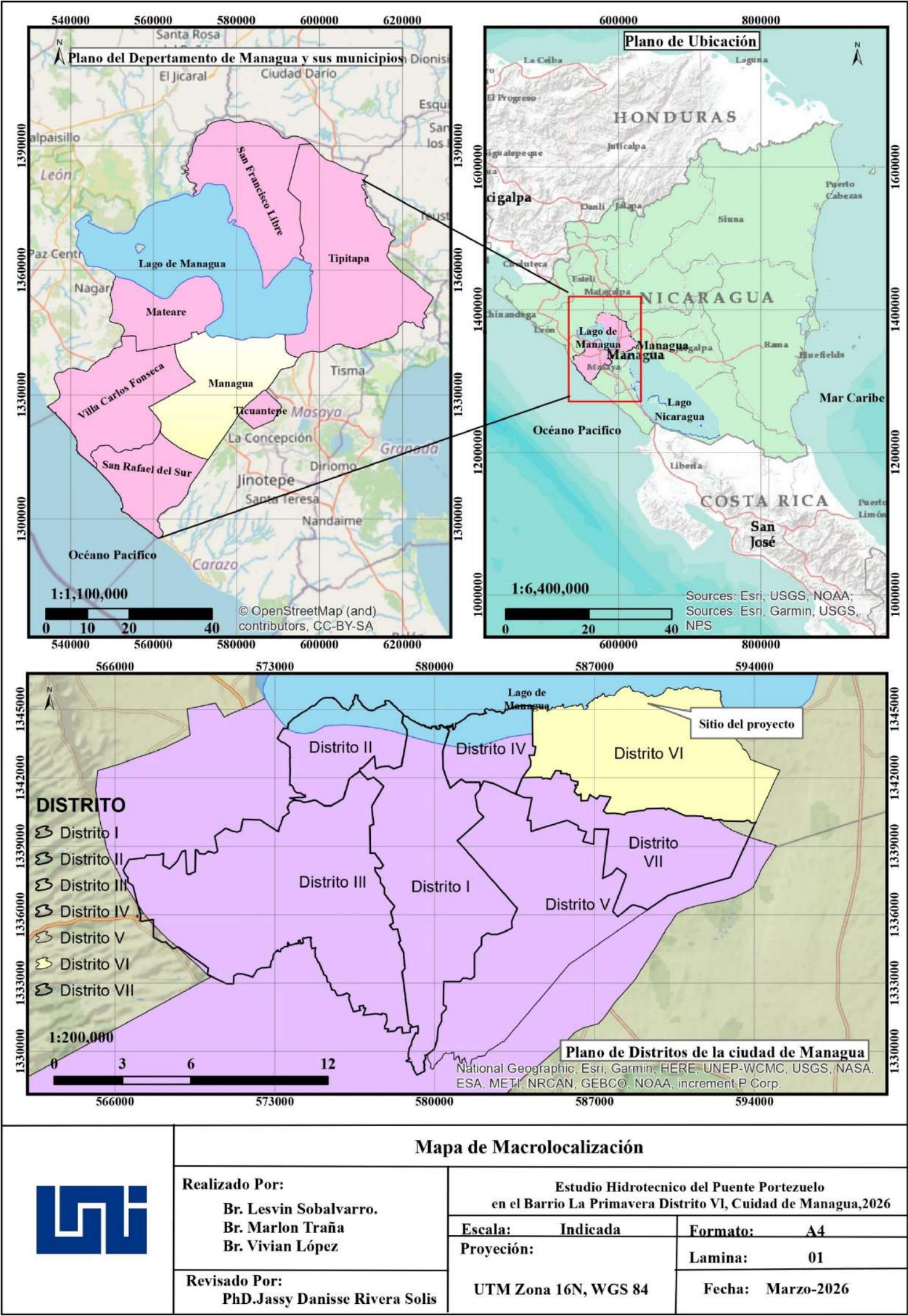
U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center [HEC-USACE]. (Enero de 2026). *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center: <https://www.hec.usace.army.mil/>

Viessman, W., & Lewis, G. L. (1996). *Introduction to hydrology* (4th ed.). HarperCollins. <https://doi.org/0673991652>

Zhicay Lombaida, J. I. (2020). *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.

11. ANEXOS

Anexo 1 Mapa de macro localización del proyecto



Anexo 2 Inundación en el Puente Portezuelo durante lluvias de onda tropical No.29 en septiembre de 2025



Nota. Inundación de calle este del Barrio La Primavera en dirección a Barrio José Dolores Estrada (A y B), inundación y desbordamiento de corriente en Puente Portezuelo aguas abajo provocando esparcimiento de desechos (C y D). Adaptado de Palacios (2025a; 2025b).

Anexo 3 Fotografías estado actual Puente Portezuelo, noviembre 2025



Nota. Escorrentamiento permanente de agua residual sobre superficie de canal revestido en Puente Portezuelo y presencia de obras de drenaje menor (A y B), deterioro estructural de superestructura de Puente Portezuelo y estancamiento de residuos sólidos (C), presencia de conexiones domiciliarias de aguas grises en sección aguas arriba (D).

Anexo 4 Fotografías estado actual cauce revestido Puente Portezuelo, noviembre 2025



Nota. Escorrimento permanente de agua residual sobre superficie de canal y presencia de conexiones domiciliarias de aguas grises en sección aguas abajo (A), acumulación de residuos sólidos en fondo de canal (B), deterioro estructural de talud de cauce aguas abajo (C), presencia de maleza en laderas de cauce aguas abajo (D).

Anexo 5 Clasificación de parámetros morfométricos e hidrológicos de una cuenca

Clasificación de parámetros morfométricos e hidrológicos de una cuenca

Relieve de cuenca de acuerdo a pendiente (%)	
Rango	Clases
0 – 4	Nula a casi nivel
4 – 8	Ligeramente inclinada
8 – 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 – 25	Moderadamente empinada
25 – 50	Empinada

Tiempo de concentración (min)	
Rango	Clases
< 40	Rápido
40 – 80	Moderado
> 80	Lento

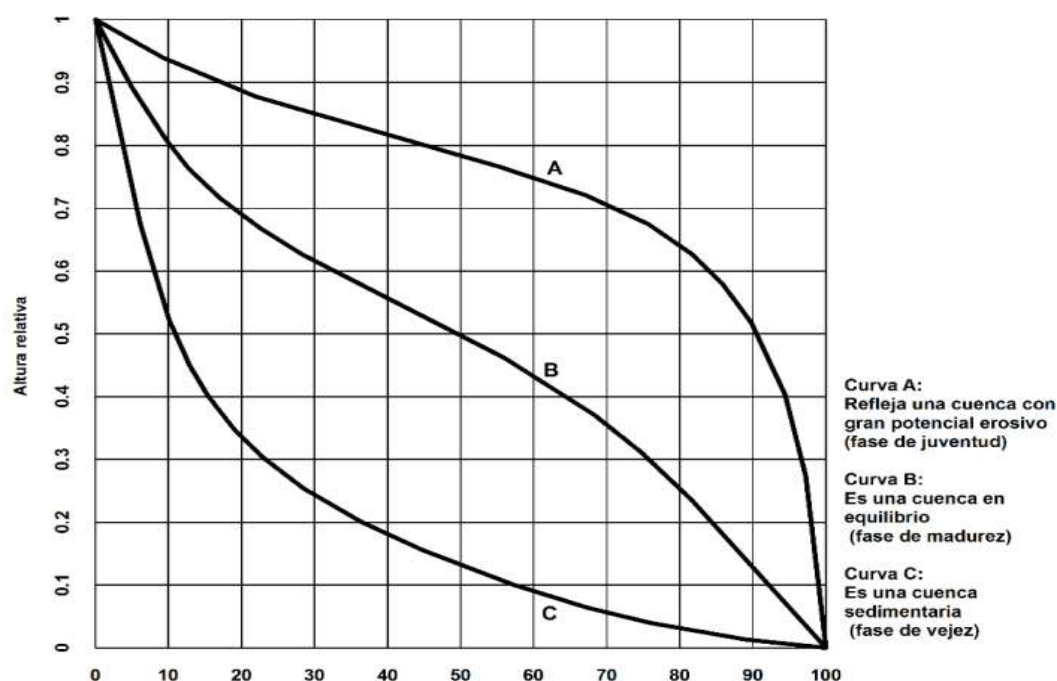
Factor de forma	
Rango	Clases
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Pendiente del cauce (%)	
Rango	Clases
< 10	Suave
10 – 30	Moderada
> 30	Fuerte

Índice de compacidad		
Rango	Clases	Interpretación ambiental
1.00 – 1.25	Casi redonda a oval-redonda	Alta tendencia a inundaciones
1.25 – 1.50	Oval redonda a oval-alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1.50 – 1.75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a la inundación
> 1.75	Alargada	Cuencas propensas a la conservación

Nota. Adaptado de *Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo*. [Tesis de pregrado, UPS] (pp. 23 – 26, 31), por J. I. Zhicay Lombaida, 2020.

Anexo 6 Curvas hipsométricas características de una cuenca



Nota. Adaptado de *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura vial en Centroamérica* (2da ed., p. 46), por SIECA, 2021

Anexo 7 Periodos de retorno utilizados en Nicaragua

Tipo de obra	T (años)
Badén	2
Vados con tuberías	2
Carreteras Tipo 1	
Alcantarillas	25
Cajas Cuencas menores	25
Cajas Cuencas mayores	50
Puentes	100
Carreteras Tipo 2	
Alcantarillas	15
Cajas Cuencas menores	15
Cajas Cuencas mayores	25
Puentes	25 - 50

Nota. Donde se consideran Carreteras del Tipo 1 aquellas troncales principales, troncales secundarias o colectoras principales; se consideran Carreteras del Tipo 2 aquellas colectoras secundarias, caminos vecinales o municipales, trochas y veredas.

Adaptado de *Guía Metodológica Hidrotecnia Vial incorporando la adaptación al Cambio Climático* (p.17), por MTI, 2017.

Anexo 8 Números de Curva para el Método CN

Números de Curva de escurrimiento para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$)

Tipo de cobertura y condición hidrológica	Números de Curva por grupo hidrológico de suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ :				
Sin tratamientos de conservación.	72	81	88	91
Con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:				
Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:				
Cubierta pobre, troncos delgados, sin hierbas, es destruido por pastoreo intenso o quema regularmente	45	66	77	83
Cubierta buena, están protegidos del pastoreo, las hierbas y la maleza cubren adecuadamente el suelo	25	55	70	77
Áreas abiertas (cesped, parques, campos de golf, cementerios, etc.):				
Condiciones pobres (cubierta de pasto < 50%)	68	79	86	89
Condiciones aceptables (cubierta de pasto 50 % al 75%)	49	69	79	84
Condiciones óptimas (cubierta de pasto en el 75% o más)	39	61	74	80
Áreas impermeables:				
Parqueos pavimentados, techos, accesos, etc. (excluyendo derecho de vía)	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentadas con cunetas y alcantarillado (excluyendo derecho de vía)	98	98	98	98
Pavimentadas con cunetas abiertas (incluyendo derecho de vía)	83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)	76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)	72	82	87	89
Distritos urbanos:				
Áreas comerciales y negocio (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Distritos residenciales ² :				
Tamaño promedio del lote (m ²)	Porcentaje promedio impermeable ³			
500	65	77	85	90
1000	38	61	75	83
1350	30	57	72	81
2000	25	54	70	80
4000	20	51	70	80

¹ Para una descripción más detallada de los números de curvas para usos agrícolas de la tierra remitirse a *Urban Hydrology for small watersheds* TR-55 (1986) por NRCS, p.2-5 - 2-8.

² Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped, donde puede ocurrir infiltración adicional.

³ Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

⁴ En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva

Nota. Adaptado de *Urban Hydrology for small watersheds* TR-55 (pp. 2-5 – 2-8), por NRCS, 1986.

Método de Curva Número para la estimación del exceso de precipitación (Pe)

- Utilizado para determinar la profundidad de escorrentía resultante de una tormenta distribuida uniformemente a lo largo del tiempo.
- Asume componentes de pérdidas como infiltración y evapotranspiración en un solo componente, la abstracción inicial I_a .
- Los CN reflejan condiciones promedio útiles para propósitos de diseño. Si la tormenta para diseño es un evento histórico, la precisión del modelado disminuye.
- La ecuación no contiene una expresión para el tiempo y, por lo tanto, no tiene en cuenta la duración ni la intensidad de las precipitaciones.
- El procedimiento es menos preciso cuando $P_e < 0.5$ pulg (12.70 mm), a modo de comprobación utilizar otro método.
- Si el CN ponderado < 40 , utilice otro procedimiento para determinar la escorrentía.

CN ponderado

$$\overline{CN} = \frac{CN_1 * A_1 + CN_2 * A_2 + \dots + CN_i * A_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$$

A: Área de la zona en km²

Fórmulas importantes

$I_a = 0.2S$	Abstracciones/ substracciones iniciales
$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \text{ mm}$	Infiltración potencial máxima
$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P - 0.2S + S}$	Precipitación en exceso, produce la escorrentía

P: Precipitación de la tormenta de diseño
I_a, S, P_e y P en mm.

Grupos hidrológicos de suelo

A	Arena con poco limo y arcilla (con bajo potencial de escurrimiento, permeabilidad alta)
B	Arenas finas y limos (moderado potencial de escurrimiento, permeabilidad alta)
C	Arenas muy finas, limos, con altos contenidos de arcilla (de moderado a alto potencial de escurrimiento, permeabilidad baja)
D	Arcillas en grandes cantidades (alto potencial de escurrimiento, permeabilidad baja)

Nota. Adaptado de Guía Hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales (pp. 187 – 191), por MTI, 2011; Urban Hydrology for small watersheds TR-55 (pp. 1-1, 2-1, 2-11), por NRCS, 1986.

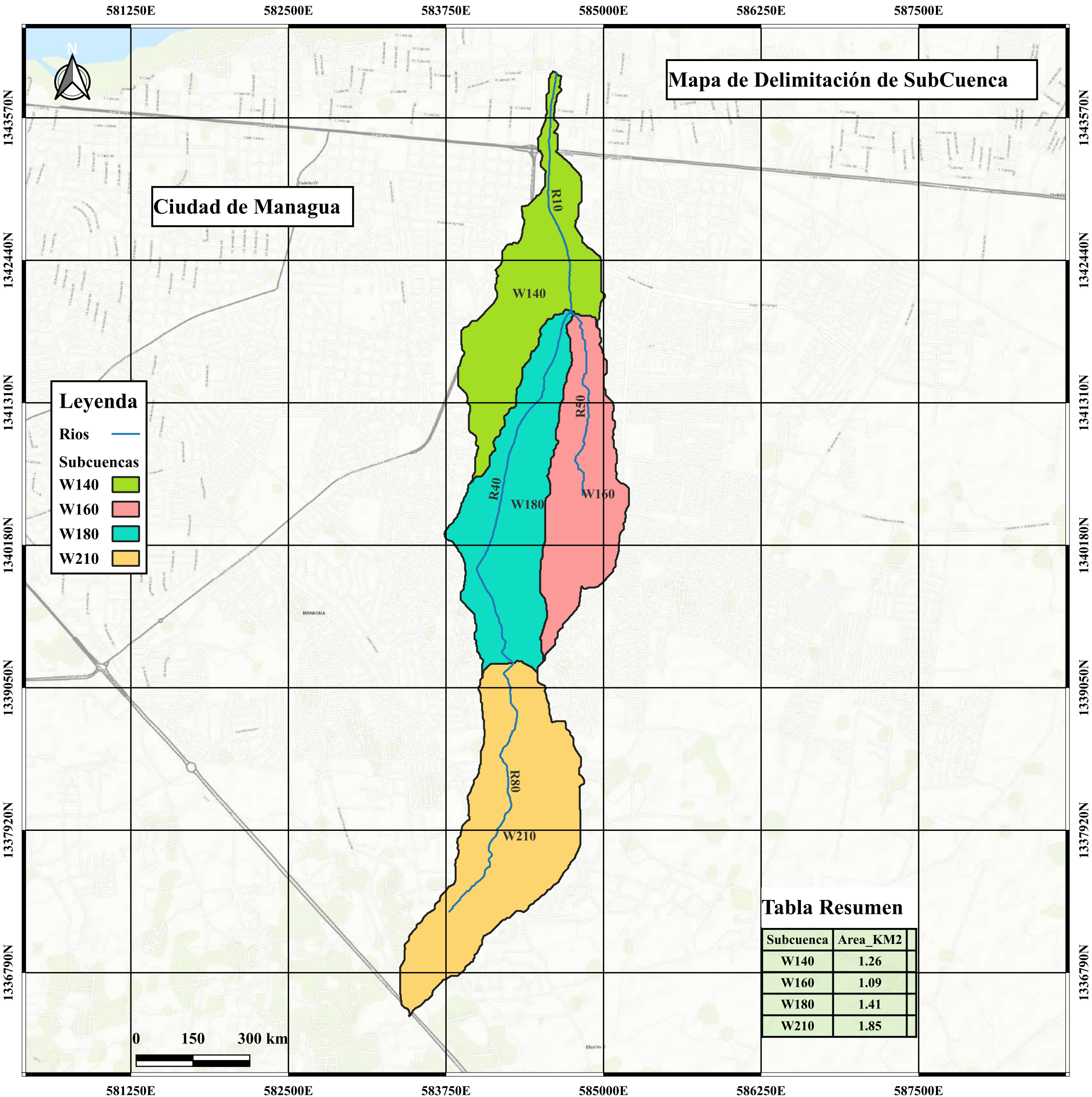
Anexo 10 Mapa de delimitación de subcuencas Puente Portezuelo

Anexo 11 Mapa de pendientes medias de subcuencas Puente Portezuelo

Anexo 12 Mapa de tipo de suelo de la cuenca Puente Portezuelo

Anexo 13 Mapa de uso de suelo de la cuenca Puente Portezuelo

Anexo 14 Mapa de Números de Curva de la cuenca Puente Portezuelo

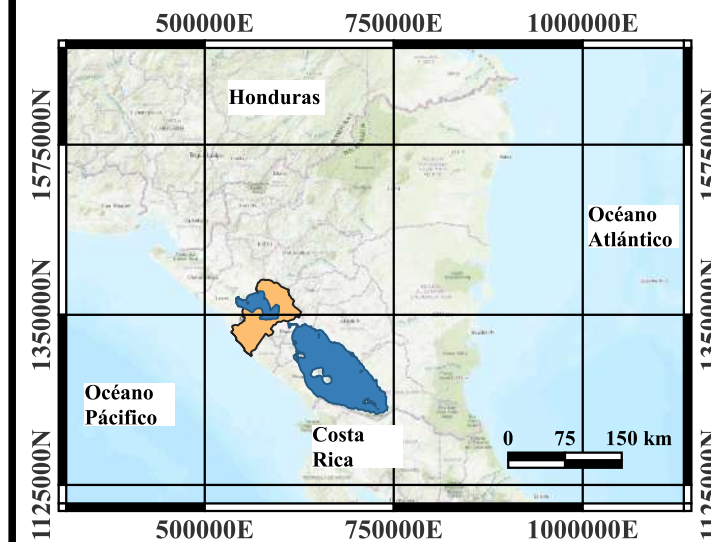


Universidad Nacional de
Ingeniería

Área de Conocimiento de Arquitectura y
Construcción

Tema: Estudio Hidrotécnico del Puente
Portezuelo en el Barrio La Primavera, Distrito
VI, Ciudad de Managua, 2026.

Mapa de Macrolocalización



Proyección: WGS 84 UTM Zona 16N

Elipsoide: WGS 84

Esc: 1:30000

Formato: A3

Fecha: Marzo 2026

Elaborado por:

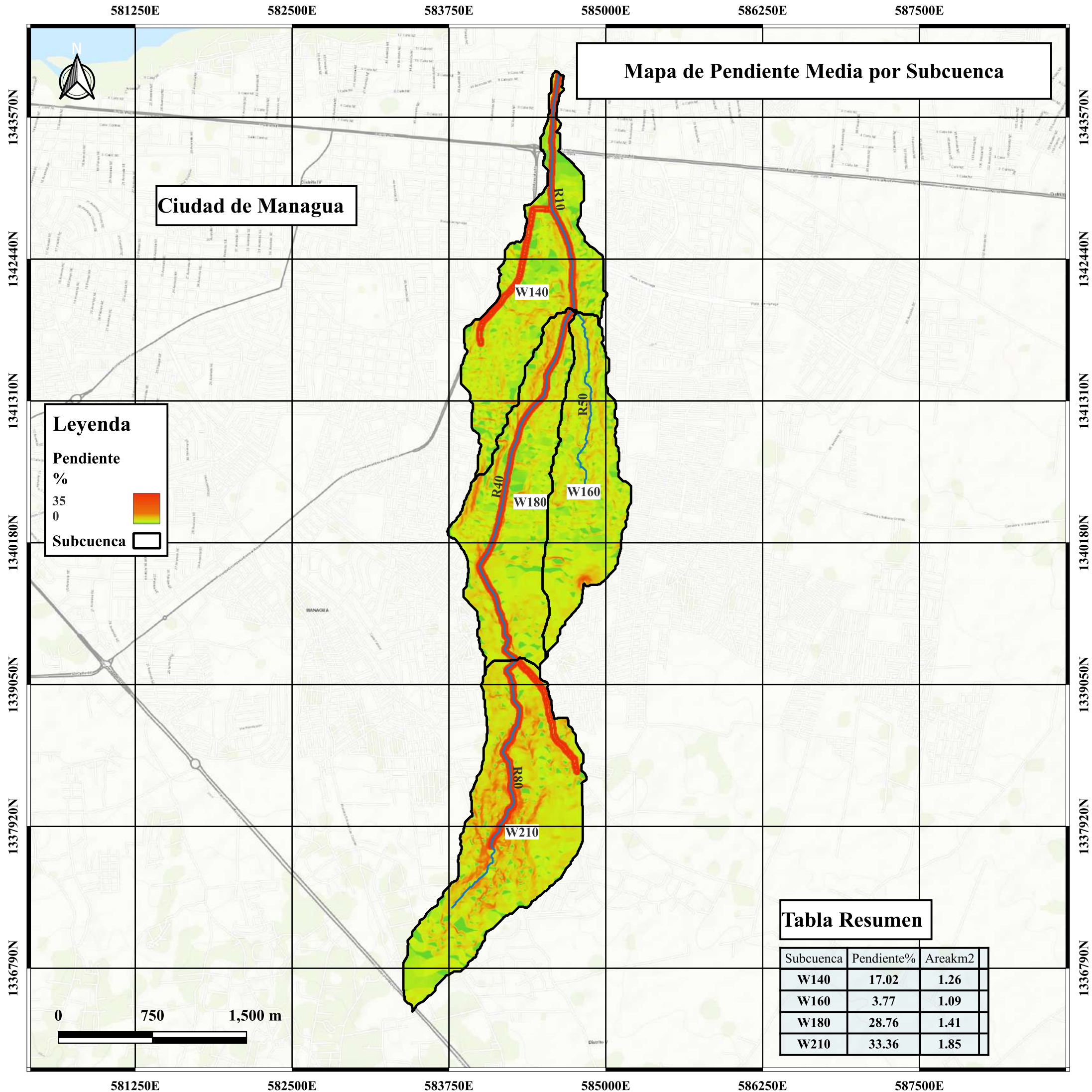
Br. Lesvin Audiel Sobalvarro.

Br. Marlon José Traña Reyes

Br. Vivian Jessabell López.

Revisado por:

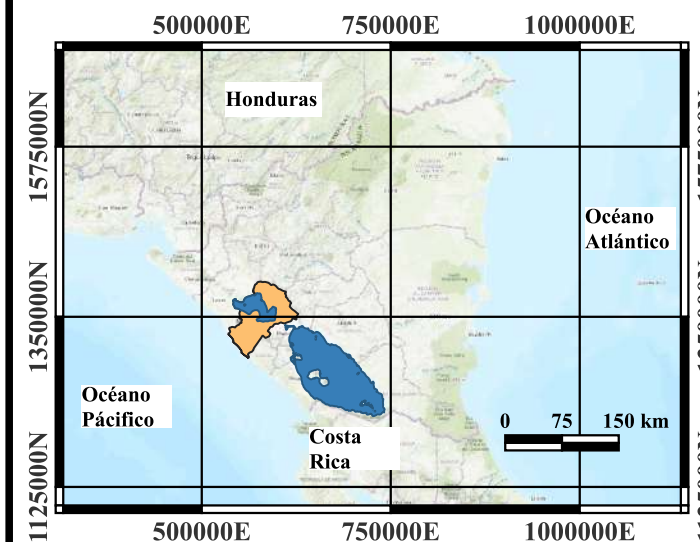
PhD. Jassy Rivera Solis



**Universidad Nacional de
Ingeniería**
Área de Conocimiento de Arquitectura y
Construcción

**Tema: Estudio Hidrotécnico del Puente
Portezuelo en el Barrio La Primavera, Distrito
VI, Ciudad de Managua, 2026.**

Mapa de Macrolocalización



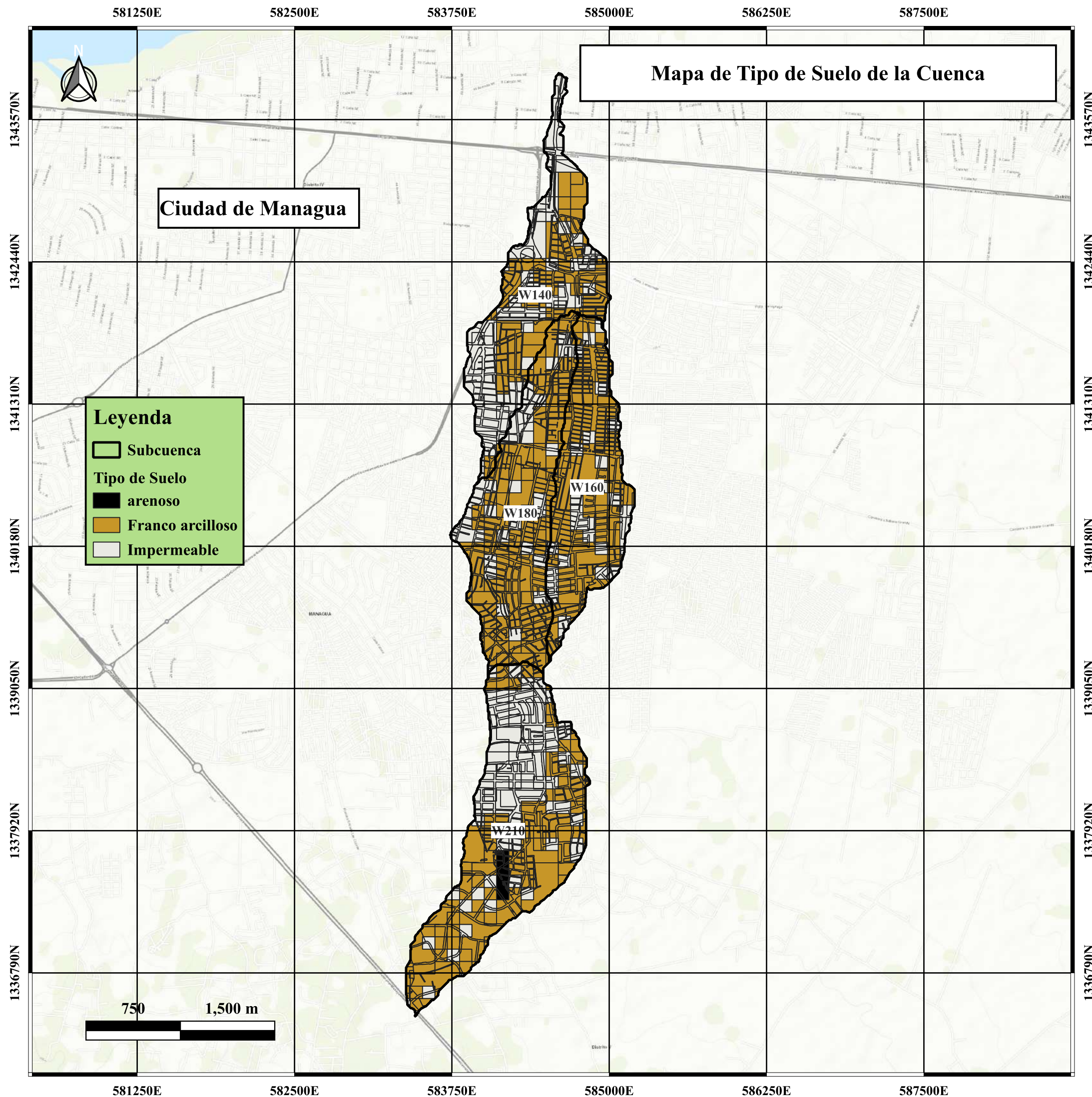
Proyección: WGS 84 UTM Zona 16N
Elipsoide: WGS 84
Esc: 1:30000
Formato: A3
Fecha: Marzo 2026

Elaborado por:

Br. Lesvin Audiel Sobalvarro.
Br. Marlon José Traña Reyes
Br. Vivian Jessabell López.

Revisado por:

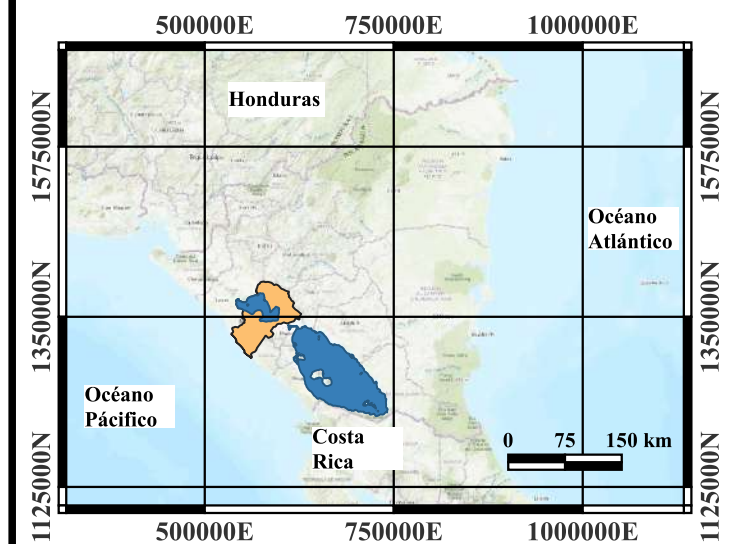
PhD. Jassy Rivera Solis



**Universidad Nacional de
Ingeniería**
**Área de Conocimiento de Arquitectura y
Construcción**

**Tema: Estudio Hidrotécnico del Puente
Portezuelo en el Barrio La Primavera, Distrito
VI, Ciudad de Managua, 2026.**

Mapa de Macrolocalización



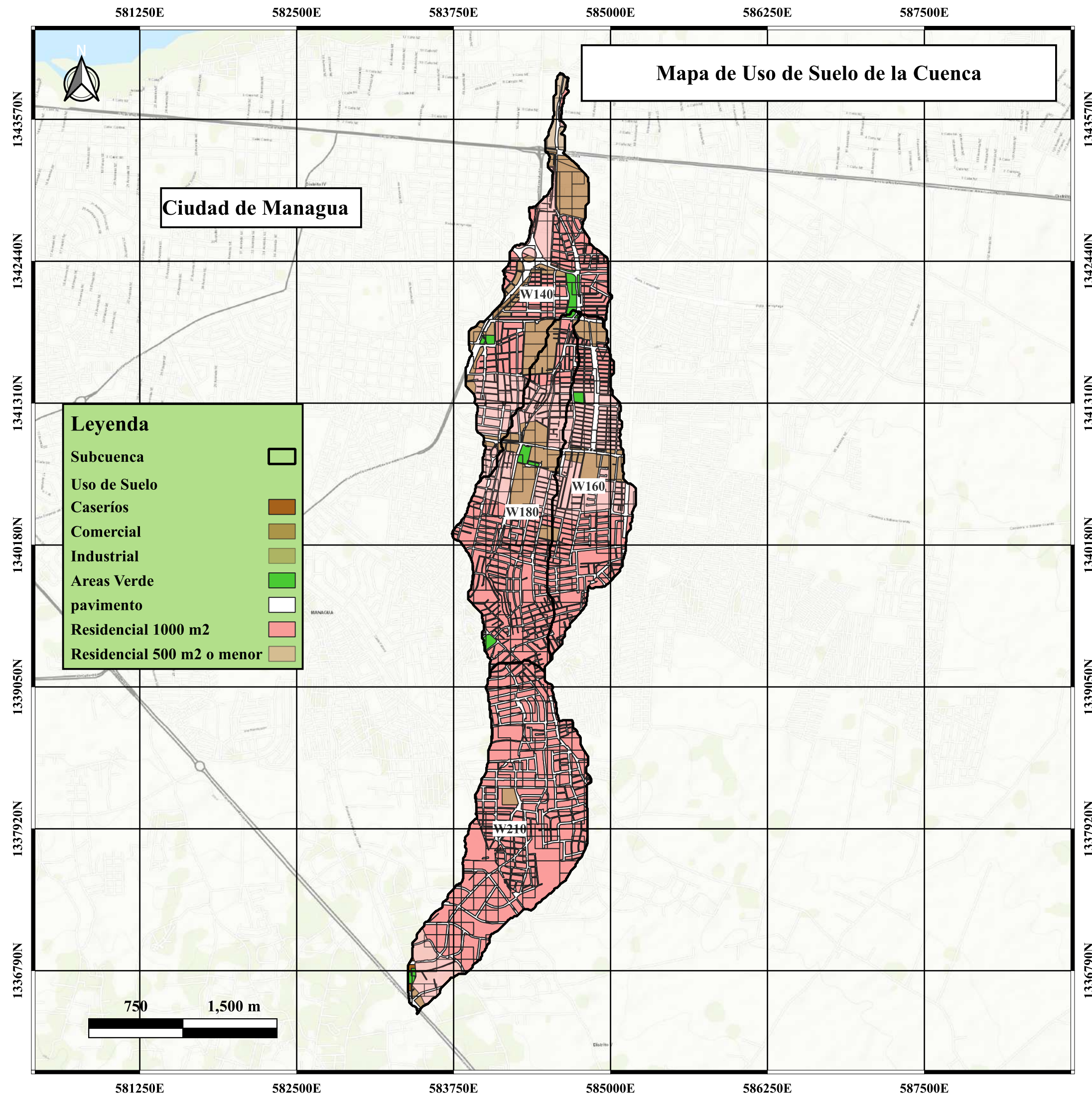
Proyección: WGS 84 UTM Zona 16N
Elipsoide: WGS 84
Esc: 1:30000
Formato: A3
Fecha: Marzo 2026

Elaborado por:

Br. Lesvin Audiel Sobalvarro.
Br. Marlon José Traña Reyes
Br. Vivian Jessabell López.

Revisado por:

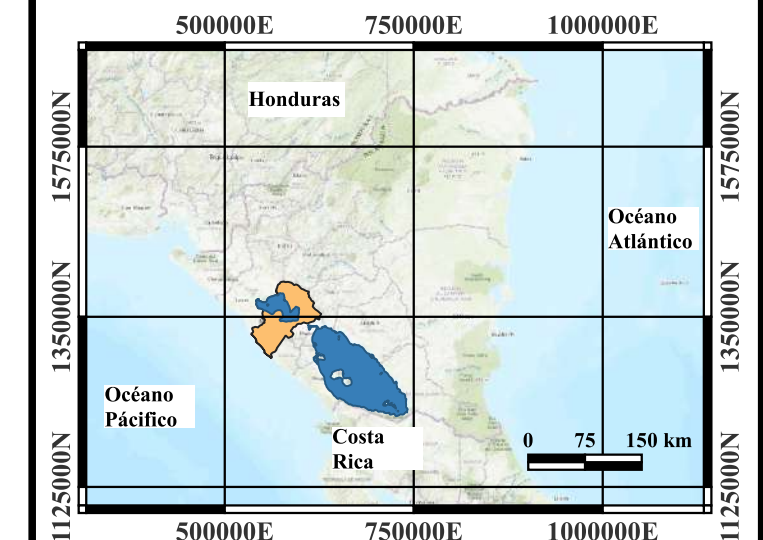
PhD. Jassy Rivera Solis



Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción

Tema: Estudio Hidrotécnico del Puente Portezuelo en el Barrio La Primavera, Distrito VI, Ciudad de Managua, 2026.

Mapa de Macrolocalización



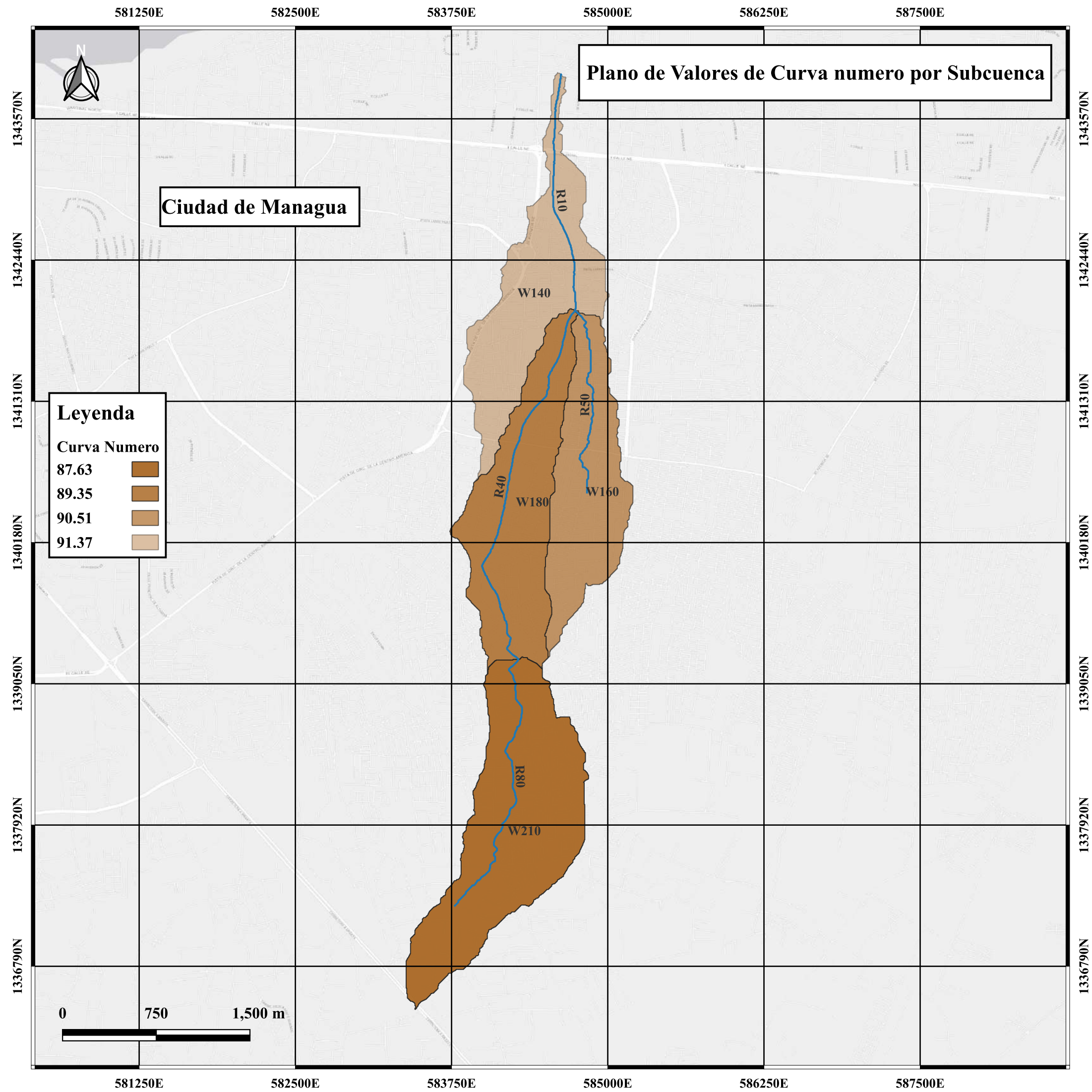
Proyección: WGS 84 UTM Zona 16N
Elipsoide: WGS 84
Esc: 1:30000
Formato: A3
Fecha: Marzo 2026

Elaborado por:

Br. Lesvin Audiel Sobalvarro.
Br. Marlon José Traña Reyes
Br. Vivian Jessabell López.

Revisado por:

PhD. Jassy Rivera Solis

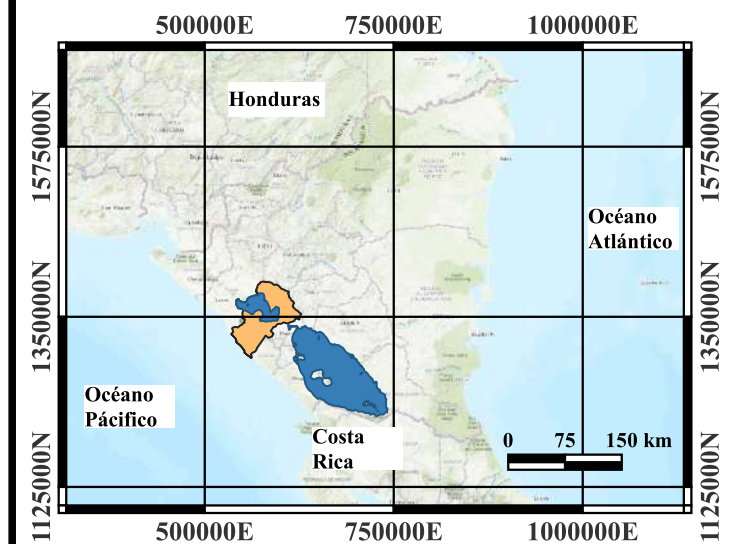


**Universidad Nacional de
Ingeniería**

**Área de Conocimiento de Arquitectura y
Construcción**

**Tema: Estudio Hidrotécnico del Puente
Portezuelo en el Barrio La Primavera, Distrito
VI, Ciudad de Managua, 2026.**

Mapa de Macrolocalización



Proyección: WGS 84 UTM Zona 16N

Elipsoide: WGS 84

Esc: 1:30000

Formato: A3

Fecha: Marzo 2026

Elaborado por:

Br. Lesvin Audiel Sobalvarro.

Br. Marlon José Traña Reyes

Br. Vivian Jessabell López.

Revisado por:

PhD. Jassy Rivera Solis

Anexo 15 Tránsito de avenidas por Onda Cinemática

Tránsito hidráulico de avenidas método Onda Cinemática

Modelos hidrológicos distribuidos o dinámicos

- Basados en las ecuaciones de Saint – Venant para flujo unidimensional
- Ayudan a calcular el caudal y nivel de agua en función del espacio y tiempo de forma simultánea
- Consideran que la velocidad es constante y que la superficie del agua es horizontal en cualquier sección transversal perpendicular al eje longitudinal del canal
- Desprecian los efectos de socavación y sedimentación, consideran lecho fijo
- Utilizan la ecuación de Manning para determinar los efectos de fricción en el lecho y paredes del canal
- Toman en cuenta los efectos del remanso hidráulico por cambio de régimen de flujo aguas arriba.

Ecuaciones de Saint – Venant

$T \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$	Ecuación de Continuidad en canales prismáticos (forma conservativa)
$V \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$	Ecuación de Continuidad para canales naturales o irregulares (forma no conservativa)
$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g \cdot (S_f - S_o)$	Ecuación de Momentum (forma no conservativa)

S_o : Fuerza gravitacional o Pendiente del lecho del río o canal

S_f : Fuerza o pendiente de fricción del río o canal en el punto de análisis

$g \frac{\partial y}{\partial x}$: Fuerza de presión

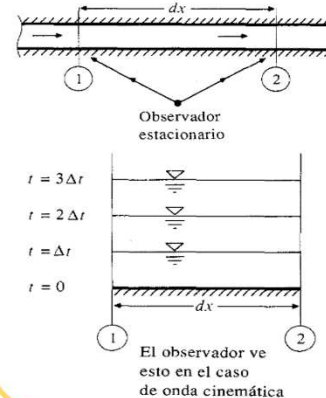
$V \frac{\partial V}{\partial x}$: Aceleración convectiva

$\frac{\partial V}{\partial t}$: Aceleración local

g : aceleración de la gravedad

Onda Cinemática

- Desprecia la aceleración local, aceleración convectiva (fuerzas inerciales) y presión en la ecuación de Momentum.
- Supone que las fuerzas gravitatorias y de fricción están en equilibrio $S_o = S_f$.
- Considera régimen de flujo uniforme y permanente
- La onda cinemática de una avenida no se alarga ni disminuye por lo que su pico no se atenúa y permanece con la misma profundidad máxima.



$c_k \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} = 0$	Ecuación de Onda Cinemática
$c_k = mV$	Celeridad de Onda Cinemática

Celeridad de onda cinemática para varias secciones de canal

Para V por Ec. Manning	Forma del canal
$c_k = \frac{5}{3} V$	Rectangular ancho
$c_k = \frac{4}{3} V$	Triangular
$c_k = \frac{11}{9} V$	Parabólico ancho

T : ancho de la superficie libre del agua

y : profundidad del flujo o tirante

x : distancia longitudinal en el canal o dirección del flujo

B : ancho de la superficie libre del agua

t : tiempo

V : velocidad promedio en el canal, determinada usando ec. Manning

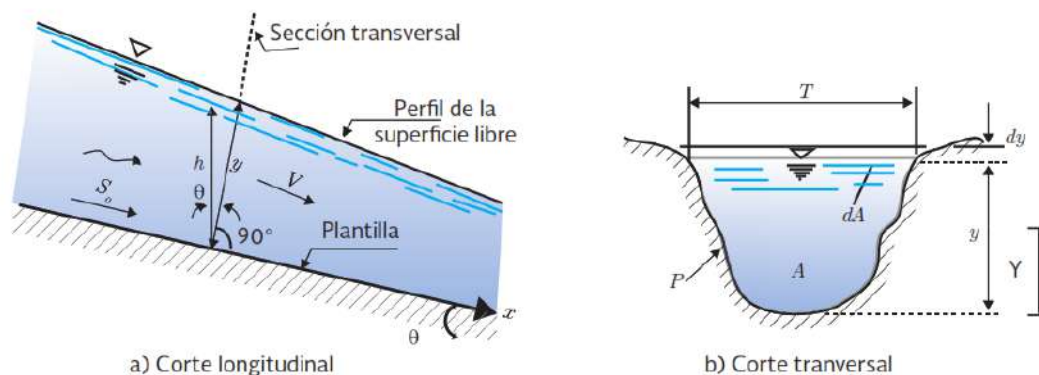
Q : caudal

Nota. Adaptado de *Hidrología Aplicada* (pp. 281 – 295), por V. T. Chow, D. R. Maidment y L. W. Mays, 1994.; *Introduction to hydrology* (pp. 248 – 254), por W. Viessman y G. L. Lewis, 1996.

Anexo 16 Parámetros morfométricos de subcuencas del Puente Portezuelo obtenidos de HEC-GeoHMS

ID	SUBCUENCAS	RÍO	ÁREA	LONGITUD	HMÁX	HMÍN	Sc		Tc (PHCA)	Tc (SCS)	PENDIENTE CUENCA	CN II CUENCA	CORRIENTE MÁS LARGA	TIEMPO DE RETARDO DE LA CUENCA		Δt	Vc
			km²	m	m	m	m/m	%	min	min	(%)			hr	min	min	m/s
1	W210	R80	1.852	2,429.612	256.000	158.611	0.028	2.833	21.373	29.400	33.357	87.628	3,437.130	0.294	17.668	5.124	2.680
2	W180	R40	1.409	3,261.848	166.992	88.707	0.023	2.264	23.405	29.760	28.760	89.352	3,457.308	0.298	17.878	5.185	2.462
3	W160	R50	1.093	1,701.323	163.015	88.487	0.044	4.381	17.042	73.440	3.770	90.514	3,184.937	0.735	44.098	12.788	3.115
4	W140	R10	1.259	2,023.155	128.823	59.702	0.034	3.417	21.572	38.520	17.023	91.365	3,819.863	0.386	23.151	6.714	2.951
TOTAL			5.613														

Anexo 17 Elementos geométricos de un canal



Nota. Adaptado de *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Drenaje Pluvial Urbano* (Vol. Libro 19, p. 197), por CONAGUA, 2016.

Anexo 18 Valores del coeficiente de rugosidad n

Tipo de material	Coeficiente de rugosidad
Canales de tierra con grama	0.030
Superficie de mortero pulido	0.013
Canales de tierra	0.025
Tubos de concreto	0.013
Canales de concreto	0.015
Canales de asfalto	0.016
Canales de adoquín	0.019
Piedra cantera repellada	0.017
Canales de ladrillo de barro	0.013
Canales de bolones	0.025

Nota. Adaptado de *Reglamento de drenaje pluvial para el área del municipio de Managua* (p. 26), por ALMA, 1982.

Anexo 19 Coeficientes de contracción y expansión de flujo subcrítico en HEC-RAS

	Contracción	Expansión
Sin cómputo de pérdidas por transición	0.0	0.0
Transiciones graduales	0.1	0.3
Secciones típicas de puentes	0.3	0.5
Transiciones abruptas	0.6	0.8

Nota. El valor máximo admitido para estos coeficientes es 1.0; en caso de flujo supercrítico con transición gradual utilizar 0.01 para contracción y 0.03 para expansión. Adaptado de *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual* (p. 143), por HEC-USACE, 2026.

*Anexo 20 Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia Aeropuerto Internacional
Augusto C. Sandino 1992 – 2021*

**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA**

**CURVAS DE INTENSIDAD- DURACIÓN- FRECUENCIA
IDF- A. C. SANDINO**

Estación: Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino

Código: 69027

Período: 1992 - 2021

Departamento: Managua

Municipio: Managua

Latitud: 12°08'36"

Longitud: 86°09'49"

Estación: Precipitación (mm)		Temperatura (°C)											
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	15.2	7.4	10.4	8.5	0.1	0.3	66.3
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	14.0	2.0	0.0	0.1	0.0	0.1	17.5
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	16.6	0.1	0.0	0.0	0.5	0.4	43.4
4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	7.0	0.2	0.6	1.0	0.0	1.2	0.0	16.9
5	0.0	0.3	0.0	0.0	4.0	4.1	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	10.2	9.5	24.4	2.1	18.2	0.0	65.3
7	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	16.5	0.0	22.5	4.4	0.3	0.1	0.0	69.4
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4	3.5	0.5	0.4	14.1	0.0	0.0	26.9
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.3	4.4	103.3	2.9	0.7	114.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	16.7	8.0	59.0	2.0	0.0	0.0	86.2
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	8.1	5.0	29.7	0.0	1.2	0.0	55.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.4	9.0	3.0	3.6	0.1	0.0	0.0	77.1
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	13.1	24.2	3.2	37.7	19.0	0.0	119.2
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	28.0	0.0	2.3	0.0	29.6
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	1.0	2.5	0.0	1.8	4.6	0.0	34.6
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	20.6	0.2	0.0	0.1	38.4
17	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	1.2	0.0	108.0	0.7	0.0	0.0	110.8
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	1.1	0.2	28.2	10.5	0.5	0.0	52.0
19	0.0	5.4	0.0	0.0	125.6	5.9	7.5	0.0	24.4	0.0	0.0	0.0	168.8
20	0.0	3.0	0.0	0.0	12.2	6.9	0.8	0.0	0.6	0.0	6.4	0.0	29.9
21	0.0	0.0	0.0	0.7	30.8	1.2	5.8	7.1	7.1	23.6	0.2	0.0	76.5
22	0.0	0.0	0.0	11.3	7.7	1.5	13.5	0.5	0.4	20.2	0.0	0.0	55.1
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	0.2	72.0	0.0	12.9	0.0	0.0	86.8
24	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	2.6	0.1	0.3	2.0	0.0	8.0	0.0	13.4
25	0.0	0.0	0.0	47.5	0.0	0.8	1.0	0.0	10.8	0.0	0.0	0.1	60.2
26	0.0	0.5	0.0	0.0	3.6	17.7	0.8	0.0	1.8	0.0	3.4	0.4	28.2
27	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	14.1	5.0	1.8	0.0	4.6	0.0	26.6
28	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	3.5	0.0	0.1	9.6	0.0	15.5	0.0	28.9
29	0.0	-	0.0	0.0	85.5	0.1	21.3	24.1	36.4	0.0	0.1	0.0	187.5
30	0.0	-	0.0	0.0	5.1	0.0	0.1	0.6	83.3	4.1	0.5	0.0	93.7
31	0.0	-	0.0	-	0.3	-	0.0	3.5	-	0.0	-	0.2	4.0
Suma	0.4	9.8	0.0	69.7	299.3	283.4	183.6	199.0	601.3	242.2	89.3	2.3	1870.3
Media	0.0	0.4	0.0	2.0	9.7	9.4	5.9	6.4	16.7	7.8	3.0	0.1	60.3
Max	0.4	5.4	0.0	47.5	125.6	61.4	21.3	72.0	108.0	103.3	19.0	0.7	168.6
Min	0.0	0.2	0.0	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.0

INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm/h)

Institución	Estación	Código	Tipo	Lat. N.	Long. W	Altura	Municipio
INETER	Managua	69027	HMP	12°08'36"	86°09'49"	56 msnm	Managua
Duración							
ANOS	5	10	15	30	60	120	360
1992	123.6	111.0	98.0	69.0	39.3	21.5	9.1
1993	150.0	111.0	87.2	66.0	49.3	29.1	14.3
1994	122.4	108.6	90.0	60.6	54.3	32.8	11.1
1995	115.2	114.0	113.0	78.0	76.0	45.8	18.7
1996	124.8	121.8	120.0	69.6	43.5	23.3	13.0
1997	121.0	120.0	80.0	64.0	33.4	19.4	11.6
1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5	10.7
1999	126.0	109.8	84.0	62.4	32.6	22.7	10.0
2000	124.8	116.4	110.0	89.2	51.2	30.0	13.0
2001	230.4	164.0	119.2	76.8	46.0	30.6	12.1
2002	126.0	120.0	114.0	90.0	66.5	62.7	22.0
2003	165.6	130.8	120.8	110.0	95.1	58.9	27.0
2004	132.0	104.4	82.0	64.0	36.4	26.4	9.5
2005	132.0	120.0	108.0	88.0	77.0	42.7	15.0
2006	110.4	108.0	74.8	53.4	41.8	24.5	9.0
2007	142.8	118.8	94.4	62.8	47.0	27.1	11.0
2008	177.6	172.8	153.6	101.6	69.8	39.5	16.0
2009	178.8	154.2	114.0	84.8	47.2	25.0	11.0
2010	151.2	124.8	120.8	85.4	55.8	29.3	11.4
2011	123.6	118.8	82.0	58.8	44.7	34.3	12.6
2012	240.0	180.0	160.0	140.8	93.5	48.2	16.9
2013	123.6	104.4	88.0	64.8	40.8	27.2	10.0
2014	115.2	101.4	82.4	54.4	35.6	18.5	6.8
2015	163.2	120.6	108.4	92.4	67.0	66.0	27.2
2016	168.0	102.0	92.4	54.4	42.0	27.6	9.6
2017	151.2	115.1	115.2	78.8	59.6	49.2	20.5
2018	166.6	110.7	90.5	70.5	42.8	35.0	11.9
2019	168.0	130.8	124.0	89.8	49.6	41.2	19.8
2020	127.2	112.2	108.8	100.8	64.8	32.9	18.5
2021	126.0	88.8	79.6	51.6	41.1	21.0	8.5



INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES ORDENADAS
Duración en Minutos

m	5	10	15	30	60	120	360
1	110.4	88.8	74.8	51.6	32.6	18.5	6.8
2	115.2	101.4	79.6	53.4	33.4	19.4	8.5
3	115.2	102.0	80.0	54.4	35.6	21.0	9.0
4	121.0	104.4	82.0	54.4	36.4	21.5	9.1
5	122.4	104.4	82.0	58.8	39.3	22.7	9.5
6	123.6	108.0	82.4	60.6	40.8	23.3	9.6
7	123.6	108.6	84.0	62.4	41.1	24.5	10.0
8	123.6	109.8	87.2	62.8	41.8	24.5	10.0
9	124.8	110.7	88.0	64.0	42.0	25.0	10.7
10	124.8	111.0	90.0	64.0	42.8	26.4	11.0
11	126.0	111.0	90.5	64.8	43.1	27.1	11.0
12	126.0	112.2	92.4	66.0	43.5	27.2	11.1
13	126.0	114.0	94.4	69.0	44.7	27.6	11.4
14	127.2	115.1	98.0	69.6	46.0	29.1	11.6
15	132.0	116.4	108.0	70.5	47.0	29.3	11.9
16	132.0	118.8	108.4	76.6	47.2	30.0	12.1
17	142.8	118.8	108.8	76.8	49.3	30.6	12.6
18	150.0	120.0	110.0	78.0	49.6	32.8	13.0
19	151.2	120.0	110.4	78.8	51.2	32.9	13.0
20	151.2	120.0	113.0	84.8	54.3	34.3	14.3
21	163.2	120.6	114.0	85.4	55.8	35.0	15.0
22	165.6	121.8	114.0	88.0	59.6	39.5	16.0
23	166.6	124.8	115.2	89.2	64.8	41.2	16.9
24	168.0	130.8	119.2	89.8	66.5	42.7	18.5
25	168.0	130.8	120.0	90.0	67.0	45.8	18.7
26	177.6	141.6	120.8	92.4	69.8	48.2	19.8
27	178.8	154.2	120.8	100.8	76.0	49.2	20.5
28	230.4	164.0	124.0	101.6	77.0	58.9	22.0
29	230.4	172.8	153.6	110.0	93.5	62.7	27.0
30	240.0	180.0	160.0	140.8	95.1	66.0	27.2



VALORES DE Y: MEDIA, DESV. ESTANDAR, ALFA Y BETA PARA DIFERENTES DURACIONES

	5	10	15	30	60	120	360
Y MEDIA	148.587	121.893	104.183	76.977	52.893	33.897	13.926
STD.	34.547	20.821	20.515	19.420	16.311	12.582	5.174
ALFA	0.03708	0.06152	0.06244	0.06596	0.07853	0.10181	0.24760
BETA	133.01970	112.51128	94.93917	68.22598	45.54350	28.22711	11.59429

CALCULO DE DESV. MAXIMA A PARTIR DE LA DISTRIBUCION TEORICA Y EMPIRICA
DURACION 5 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
110.4	0.03226	0.09892	0.06666
115.2	0.06452	0.14424	0.07973
115.2	0.09677	0.14424	0.04747
121.0	0.12903	0.20981	0.08078
122.4	0.16129	0.22705	0.06576
123.6	0.19355	0.24219	0.04864
123.6	0.22581	0.24219	0.01638
123.6	0.25806	0.24219	0.01588
124.8	0.29032	0.25760	0.03272
124.8	0.32258	0.25760	0.06498
126.0	0.35484	0.27327	0.08157
126.0	0.38710	0.27327	0.11383
126.0	0.41935	0.27327	0.14609
127.2	0.45161	0.28914	0.16247
132.0	0.48387	0.35397	0.12990
132.0	0.51613	0.35397	0.16216
142.8	0.54839	0.49866	0.04973
150.0	0.58065	0.58696	0.00632
151.2	0.61290	0.60073	0.01217
151.2	0.64516	0.60073	0.04443
163.2	0.67742	0.72139	0.04397
165.6	0.70968	0.74173	0.03205
166.6	0.74194	0.74984	0.00790
168.0	0.77419	0.76084	0.01336
168.0	0.80645	0.76084	0.04561
177.6	0.83871	0.82574	0.01297
178.8	0.87097	0.83265	0.03831
230.4	0.90323	0.97333	0.07011
230.4	0.93548	0.97333	0.03785
240.0	0.96774	0.98124	0.01350

DESV. MAXIMA
0.16247313


DURACION 10 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
88.8	0.03226	0.01356	0.01870
101.4	0.06452	0.13793	0.07341
102.0	0.09677	0.14820	0.05142
104.4	0.12903	0.19260	0.06357
104.4	0.16129	0.19260	0.03131
108.0	0.19355	0.26716	0.07362
108.6	0.22581	0.28025	0.05445
109.8	0.25806	0.30681	0.04875
110.7	0.29032	0.32697	0.03665
111.0	0.32258	0.33372	0.01114
111.0	0.35484	0.33372	0.02111
112.2	0.38710	0.36083	0.02626
114.0	0.41935	0.40153	0.01783
115.1	0.45161	0.42623	0.02538
116.4	0.48387	0.45511	0.02876
118.8	0.51613	0.50705	0.00908
118.8	0.54839	0.50705	0.04134
120.0	0.58065	0.53215	0.04849
120.0	0.61290	0.53215	0.08075
120.0	0.64516	0.53215	0.11301
120.6	0.67742	0.54446	0.13296
121.8	0.70968	0.56854	0.14114
124.8	0.74194	0.62530	0.11663
130.8	0.77419	0.72282	0.05137
130.8	0.80645	0.72282	0.08363
141.6	0.83871	0.84618	0.00747
154.2	0.87097	0.92595	0.05499
164.0	0.90323	0.95878	0.05555
172.8	0.93548	0.97580	0.04032
180.0	0.96774	0.98439	0.01665

DESV. MAXIMA

0.14114169



DURACION 15 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
74.8	0.03226	0.02970	0.00256
79.6	0.06452	0.07383	0.00932
80.0	0.09677	0.07873	0.01804
82.0	0.12903	0.10611	0.02292
82.0	0.16129	0.10611	0.05518
82.4	0.19355	0.11215	0.08140
84.0	0.22581	0.13808	0.08773
87.2	0.25806	0.19764	0.06043
88.0	0.29032	0.21388	0.07644
90.0	0.32258	0.25634	0.06624
90.5	0.35484	0.26729	0.08755
92.4	0.38710	0.30981	0.07729
94.4	0.41935	0.35550	0.06386
98.0	0.45161	0.43778	0.01383
108.0	0.48387	0.64249	0.15862
108.4	0.51613	0.64954	0.13341
108.8	0.54839	0.65649	0.10810
110.0	0.58065	0.67674	0.09610
110.4	0.61290	0.68329	0.07039
113.0	0.64516	0.72342	0.07826
114.0	0.67742	0.73774	0.06032
114.0	0.70968	0.73774	0.02806
115.2	0.74194	0.75412	0.01218
119.2	0.77419	0.80265	0.02846
120.0	0.80645	0.81130	0.00484
120.8	0.83871	0.81960	0.01910
120.8	0.87097	0.81960	0.05136
124.0	0.90323	0.84967	0.05355
153.6	0.93548	0.97467	0.03918
160.0	0.96774	0.98294	0.01520
DESV. MAXIMA			0.15862043



DURACION 30 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
51.6	0.03226	0.05007	0.01782
53.4	0.06452	0.07002	0.00550
54.4	0.09677	0.08297	0.01381
54.4	0.12903	0.08297	0.04606
58.8	0.16129	0.15533	0.00596
60.6	0.19355	0.19134	0.00221
62.4	0.22581	0.23025	0.00445
62.8	0.25806	0.23923	0.01884
64.0	0.29032	0.26674	0.02358
64.0	0.32258	0.26674	0.05584
64.8	0.35484	0.28549	0.06935
66.0	0.38710	0.31406	0.07303
69.0	0.41935	0.38665	0.03270
69.6	0.45161	0.40118	0.05044
70.5	0.48387	0.42286	0.06101
76.6	0.51613	0.56238	0.04625
76.8	0.54839	0.56664	0.01825
78.0	0.58065	0.59167	0.01102
78.8	0.61290	0.60785	0.00506
84.8	0.64516	0.71525	0.07009
85.4	0.67742	0.72461	0.04719
88.0	0.70968	0.76235	0.05267
89.2	0.74194	0.77826	0.03632
89.8	0.77419	0.78586	0.01167
90.0	0.80645	0.78835	0.01810
92.4	0.83871	0.81628	0.02243
100.8	0.87097	0.88991	0.01894
101.6	0.90323	0.89526	0.00797
110.0	0.93548	0.93840	0.00292
140.8	0.96774	0.99170	0.02396
DESV. MAXIMA		0.07303276	



DURACION 60 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
32.6	0.03226	0.06307	0.03081
33.4	0.06452	0.07463	0.01011
35.6	0.09677	0.11265	0.01588
36.4	0.12903	0.12867	0.00036
39.3	0.16129	0.19537	0.03408
40.8	0.19355	0.23424	0.04069
41.1	0.22581	0.24229	0.01649
41.8	0.25806	0.26138	0.00332
42.0	0.29032	0.26690	0.02342
42.8	0.32258	0.28926	0.03332
43.1	0.35484	0.29774	0.05710
43.5	0.38710	0.30910	0.07799
44.7	0.41935	0.34353	0.07583
46.0	0.45161	0.38107	0.07055
47.0	0.48387	0.40987	0.07400
47.2	0.51613	0.41561	0.10052
49.3	0.54839	0.47496	0.07342
49.6	0.58065	0.48327	0.09738
51.2	0.61290	0.52660	0.08630
54.3	0.64516	0.60487	0.04029
55.8	0.67742	0.63963	0.03779
59.6	0.70968	0.71780	0.00812
64.8	0.74194	0.80220	0.06026
66.5	0.77419	0.82460	0.05041
67.0	0.80645	0.83075	0.02430
69.8	0.83871	0.86172	0.02301
76.0	0.87097	0.91260	0.04163
77.0	0.90323	0.91893	0.01570
93.5	0.93548	0.97713	0.04164
95.1	0.96774	0.97980	0.01206

DESV. MAXIMA

0.10052134



DURACION 120 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
18.5	0.03226	0.06774	0.03548
19.4	0.06452	0.08574	0.02123
21.0	0.09677	0.12404	0.02727
21.5	0.12903	0.13758	0.00855
22.7	0.16129	0.17283	0.01154
23.3	0.19355	0.19178	0.00177
24.5	0.22581	0.23189	0.00608
24.5	0.25806	0.23189	0.02617
25.0	0.29032	0.24934	0.04099
26.4	0.32258	0.29986	0.02272
27.1	0.35484	0.32576	0.02908
27.2	0.38710	0.32948	0.05761
27.6	0.41935	0.34441	0.07495
29.1	0.45161	0.40053	0.05108
29.3	0.48387	0.40799	0.07589
30.0	0.51613	0.43394	0.08219
30.6	0.54839	0.45595	0.09244
32.8	0.58065	0.53378	0.04687
32.9	0.61290	0.53718	0.07572
34.3	0.64516	0.58341	0.06175
35.0	0.67742	0.60544	0.07198
39.5	0.70968	0.72806	0.01839
41.2	0.74194	0.76573	0.02379
42.7	0.77419	0.79523	0.02104
45.8	0.80645	0.84611	0.03965
48.2	0.83871	0.87732	0.03861
49.2	0.87097	0.88851	0.01754
58.9	0.90323	0.95692	0.05370
62.7	0.93548	0.97054	0.03505
66.0	0.96774	0.97885	0.01111

DESV. MAXIMA

0.09244175



DURACION 360 MINUTOS

I	P(x)	F(x)	Desviaciones
6.8	0.03226	0.03773	0.00547
8.5	0.06452	0.11632	0.05180
9.0	0.09677	0.14943	0.05266
9.1	0.12903	0.15654	0.02751
9.5	0.16129	0.18645	0.02516
9.6	0.19355	0.19427	0.00072
10.0	0.22581	0.22673	0.00092
10.0	0.25806	0.22673	0.03134
10.7	0.29032	0.28712	0.00320
11.0	0.32258	0.31395	0.00863
11.0	0.35484	0.31395	0.04089
11.1	0.38710	0.32297	0.06412
11.4	0.41935	0.35019	0.06917
11.6	0.45161	0.36840	0.08321
11.9	0.48387	0.39570	0.08817
12.1	0.51613	0.41383	0.10230
12.6	0.54839	0.45860	0.08978
13.0	0.58065	0.49358	0.08706
13.0	0.61290	0.49358	0.11932
14.3	0.64516	0.59945	0.04571
15.0	0.67742	0.65031	0.02711
16.0	0.70968	0.71467	0.00499
16.9	0.74194	0.76428	0.02234
18.5	0.77419	0.83327	0.05908
18.7	0.80645	0.84185	0.03540
19.8	0.83871	0.87712	0.03841
20.5	0.87097	0.89561	0.02465
22.0	0.90323	0.92678	0.02355
27.0	0.93548	0.97819	0.04271
27.2	0.96774	0.97923	0.01149

DESV. MAXIMA

0.119



**COMPARACIONES ENTRE DESV. MAXIMA Y EL VALOR CRITICO DE KOLGOMOROV(KV)
PARA EL AJUSTE ANALITICO A LA DISTRIBUCION DE GUMBELL TIPO I**



DURACION MINUTOS	DESV. MAXIMA DM	KV	OBSV.
5	0.162	0.242	SAJ
10	0.141	0.242	SAJ
15	0.159	0.242	SAJ
30	0.073	0.242	SAJ
60	0.101	0.242	SAJ
120	0.092	0.242	SAJ
360	0.119	0.242	SAJ

***SE ACEPTA EL AJUSTE (SAJ), SI DM < KV, CON UN NIVEL DE SIGNIFICACION DE 0.05**

Tr	5	10	15	30	60	120	360
1.5	130.5	111.0	93.4	66.8	44.3	27.3	11.2
2	142.9	118.5	100.8	73.8	50.2	31.8	13.1
5	173.5	136.9	119.0	91.0	64.6	43.0	17.7
10	193.7	149.1	131.0	102.3	74.2	50.3	20.7
15	205.1	156.0	137.8	108.8	79.6	54.5	22.4
25	219.3	164.5	146.2	116.7	86.3	59.6	24.5
50	238.3	175.9	157.4	127.4	95.2	66.6	27.4
100	257.1	187.3	168.6	138.0	104.1	73.4	30.2

PERIODO DE RETORNO (Tr) EN ANOS

PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA

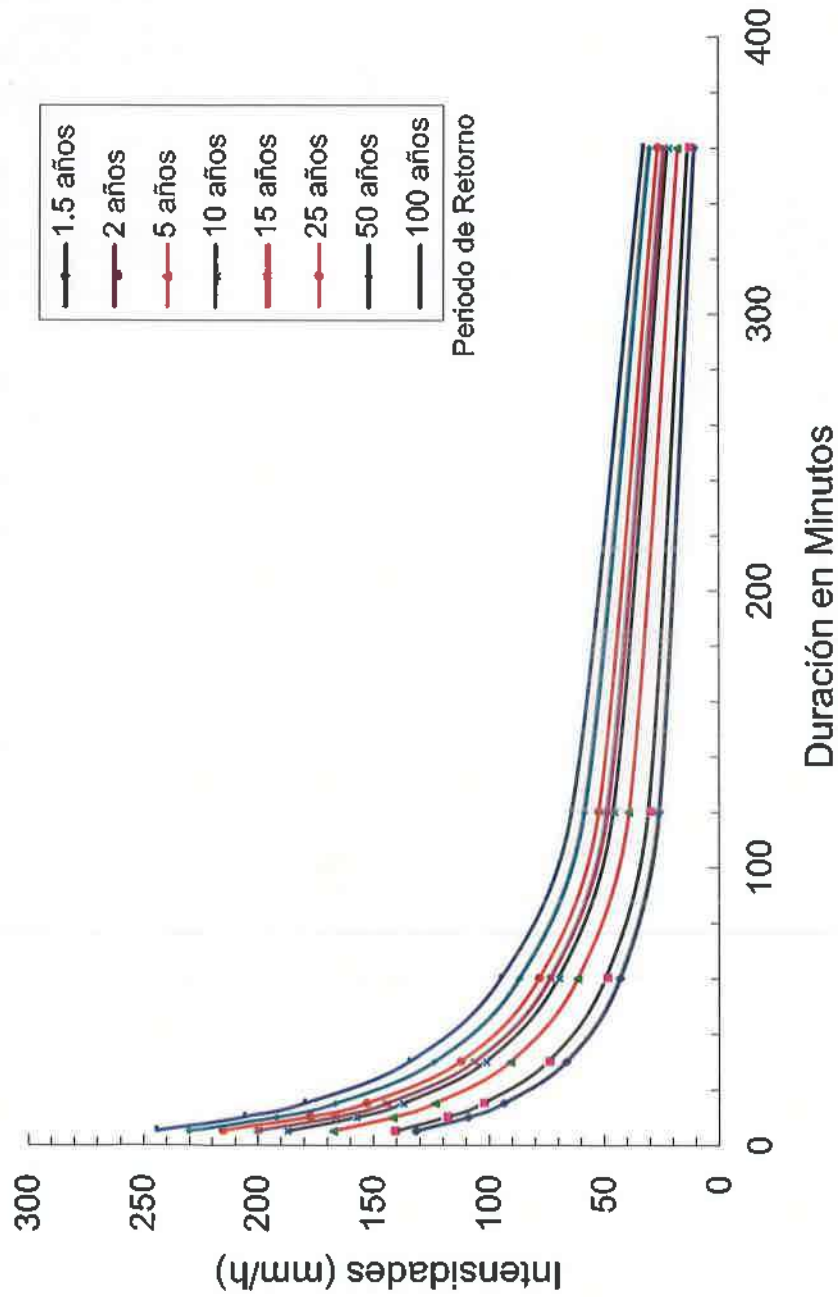
$$I = A/(t+d)^b$$

Tr	R	A	d	b
1.5	-0.9999	1618.903	15.0	0.836
2	-0.9997	1707.181	16.0	0.818
5	-0.9982	1597.446	15.0	0.751
10	-0.9966	1432.599	13.0	0.703
15	-0.9953	1276.085	11.0	0.668
25	-0.9934	1142.595	9.0	0.631
50	-0.9925	1272.930	10.0	0.631
100	-0.9917	1413.007	11.0	0.632

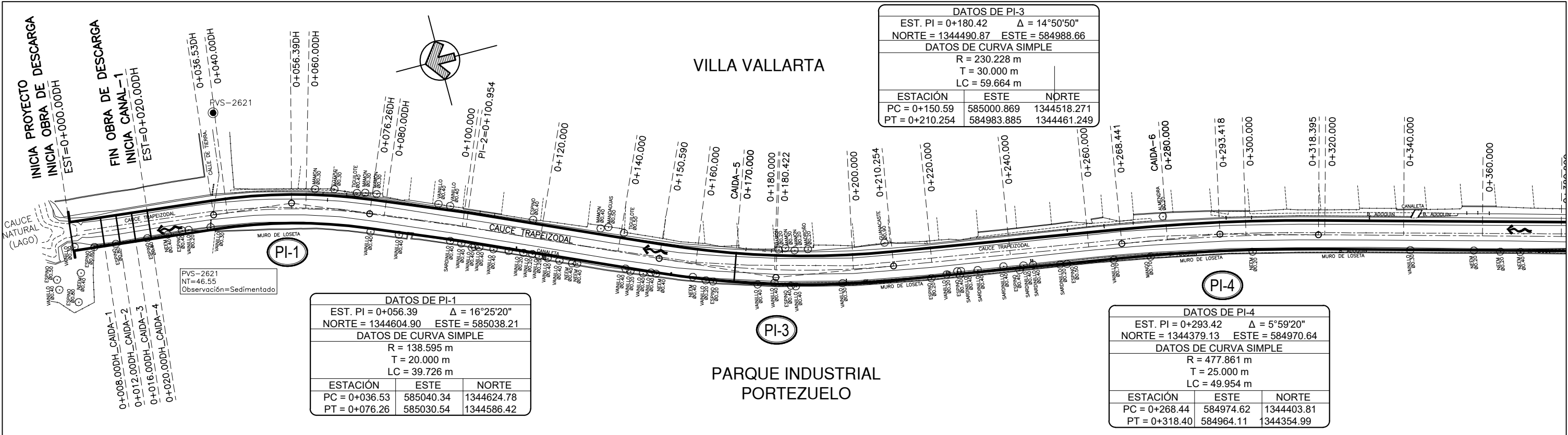
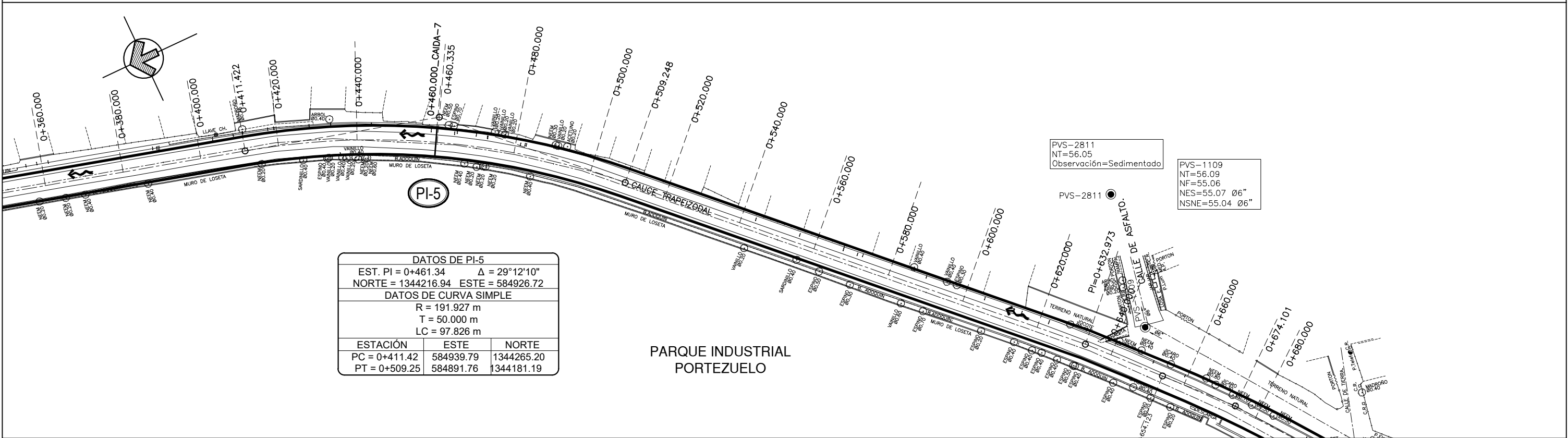
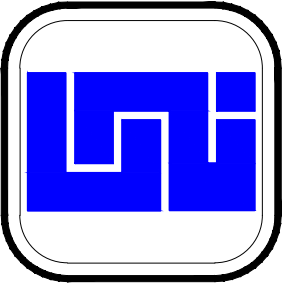
INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE

Tr	Duración en Mínuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	132.2	109.7	94.2	67.1	43.8	26.8	11.4
2 años	141.6	118.9	103.0	74.6	49.5	30.7	13.4
5 años	168.2	142.2	124.0	91.5	62.3	40.1	18.6
10 años	187.8	158.0	137.6	101.8	70.2	46.0	22.3
15 años	200.4	167.1	144.9	106.9	74.1	49.2	24.6
25 años	216.2	178.3	153.9	113.3	79.0	53.3	27.4
50 años	230.8	192.5	167.2	124.3	87.3	59.1	30.6
100 años	245.2	206.5	180.4	135.3	95.6	65.0	33.7

Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia de la Precipitación en Managua. Período: 1992 -2021



- Plano 1** *Diseño Hidráulico Planta de Cauce Propuesto DH-01*
- Plano 2** *Diseño Hidráulico Planta de Cauce Propuesto DH-02*
- Plano 3** *Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-03*
- Plano 4** *Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-04*
- Plano 5** *Diseño Hidráulico Perfil Longitudinal de Cauce Propuesto DH-05*
- Plano 6** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-06*
- Plano 7** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-07*
- Plano 8** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-08*
- Plano 9** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-09*
- Plano 10** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-10*
- Plano 11** *Diseño Hidráulico Secciones Transversales de Cauce Propuesto DH-11*

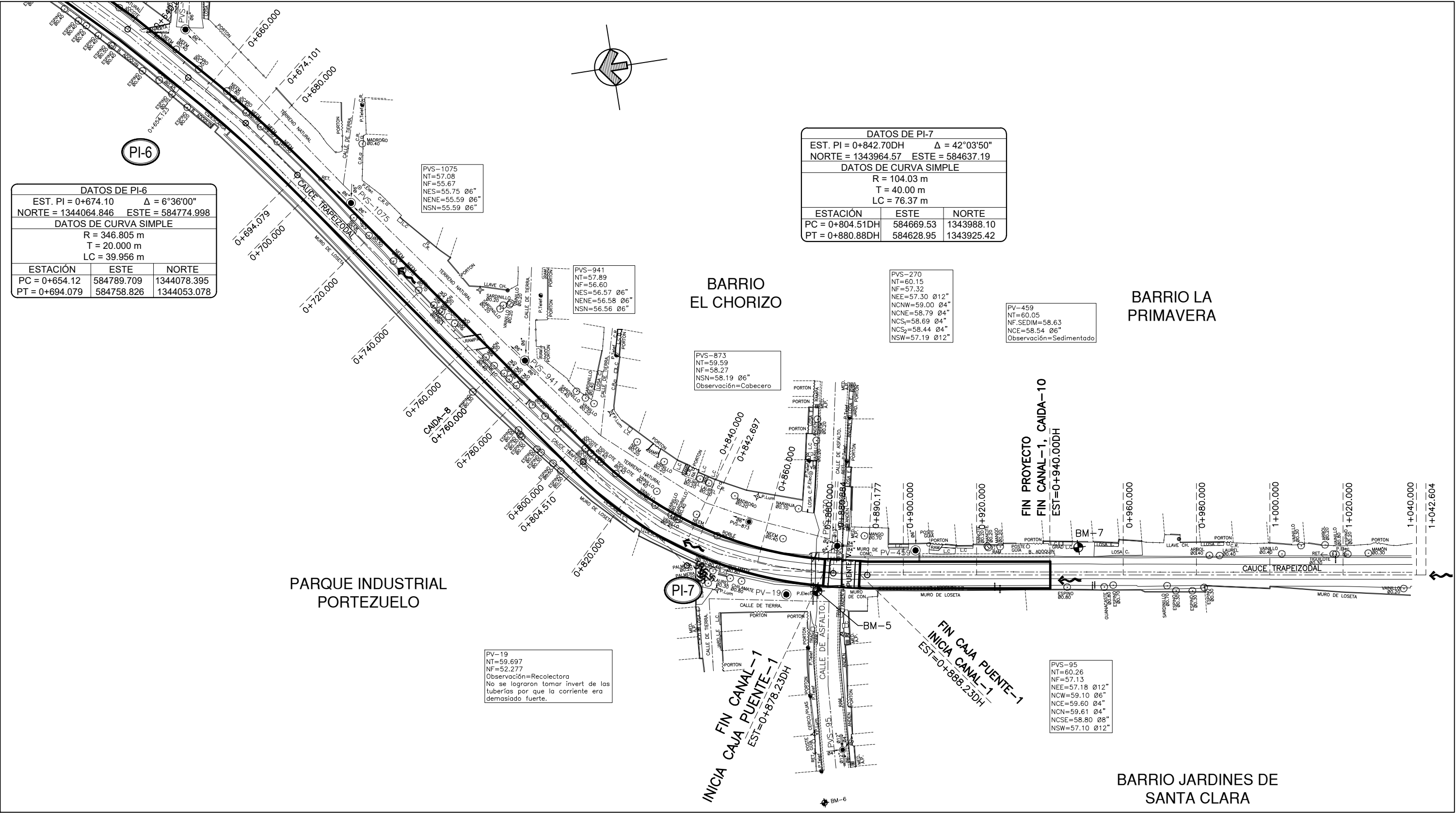
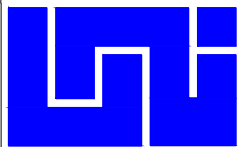


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: 1 / 1000.

FECHA
MARZO
2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO PLANTA DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-01
DH-11



PROYECTO:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026

UBICACION: MANAGUA

REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ESCALA: 1 / 1000.

FECHA
MARZO
2026

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO PLANTA DE CAUCE PROPUESTO.

ELABORADO POR:

BR. MARLON JOSE TRAÑA

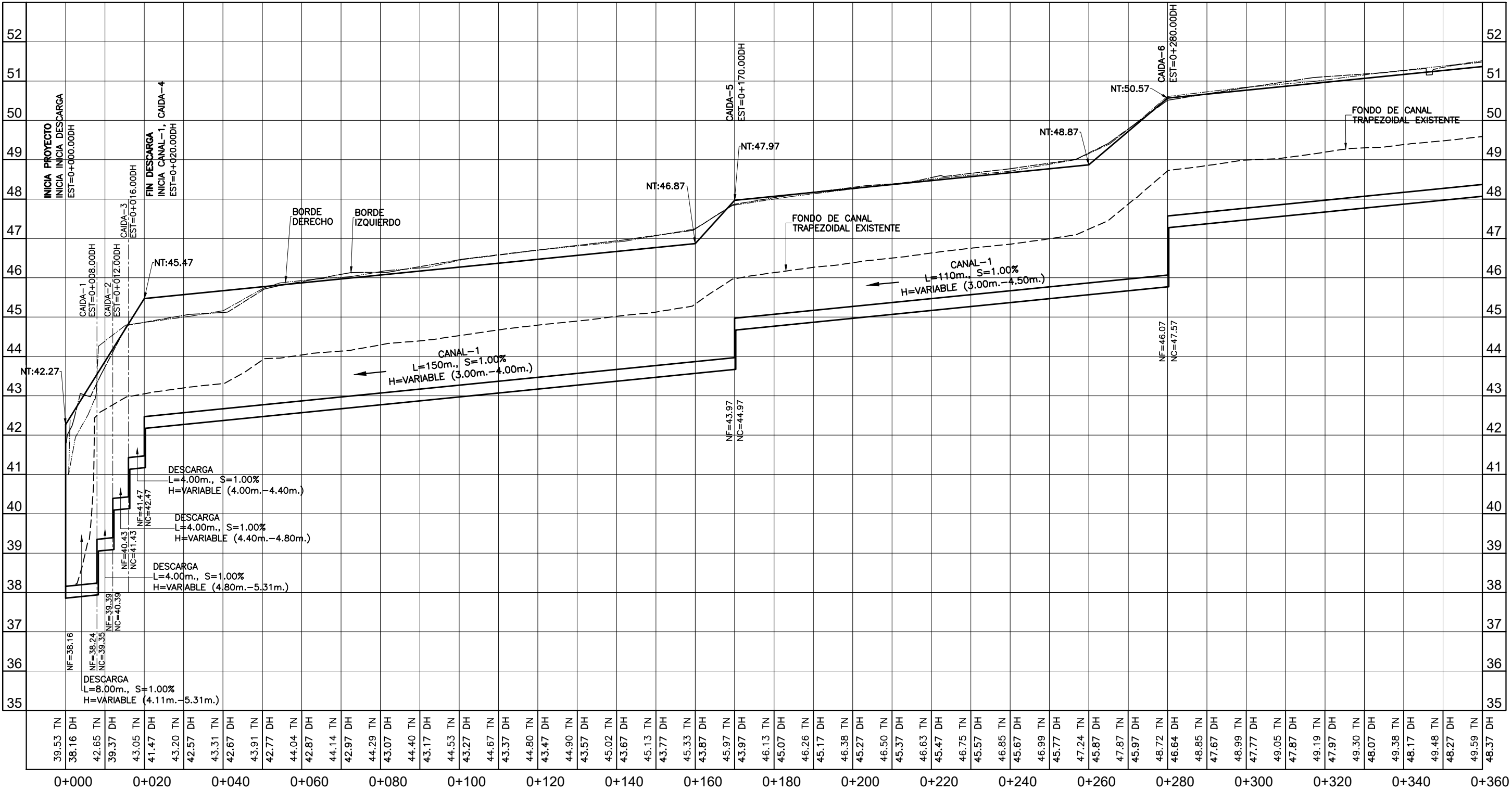
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO

BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

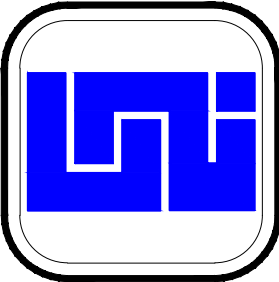
FORMATO TABLOIDE

DH-02

DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL
EST.: 0+000.00 DH AL EST.: 0+360.00 DH

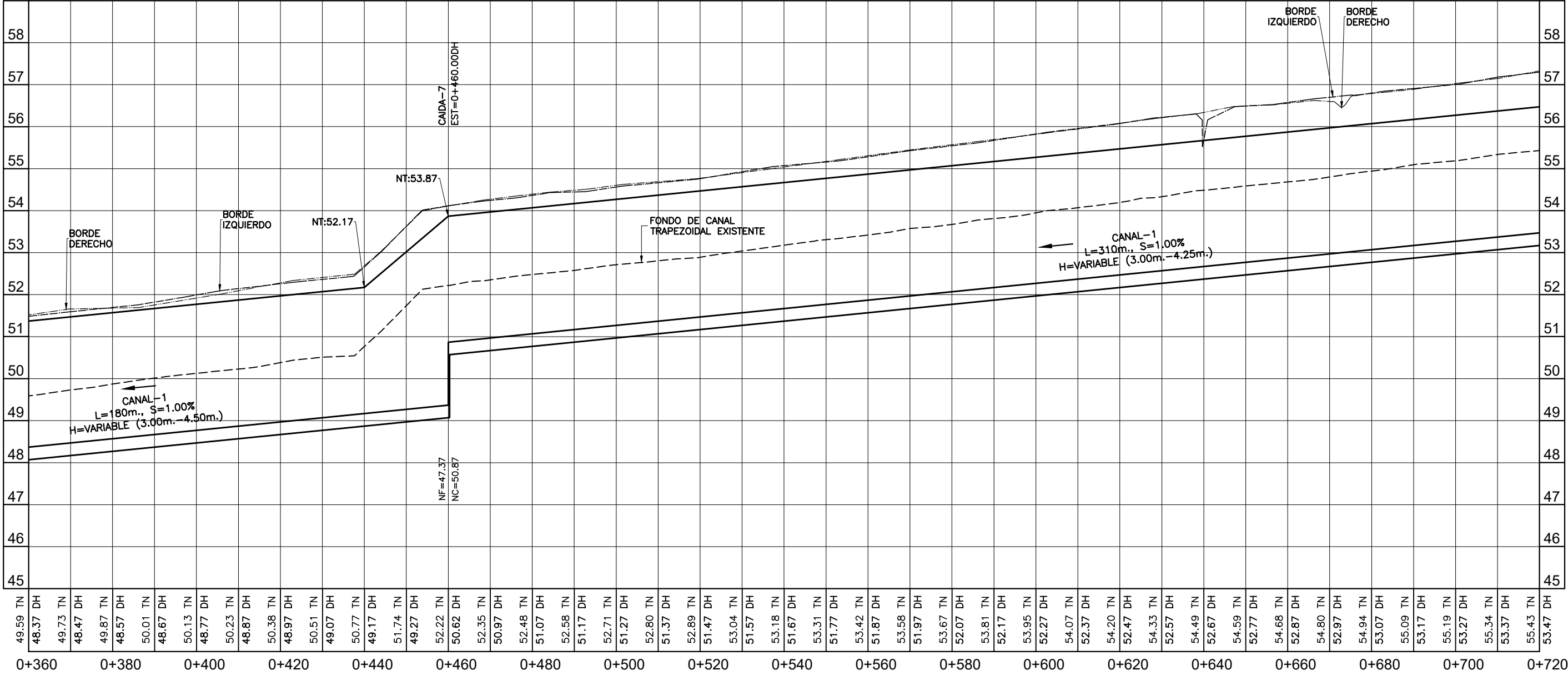


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: PhD. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 1000. - VERT.: 1/100.

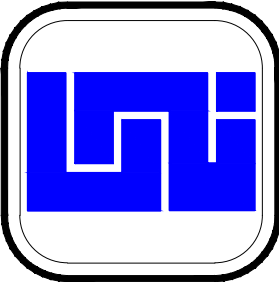
FECHA
MARZO
2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-03
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL
EST.: 0+360.00 DH AL EST.: 0+720.00 DH

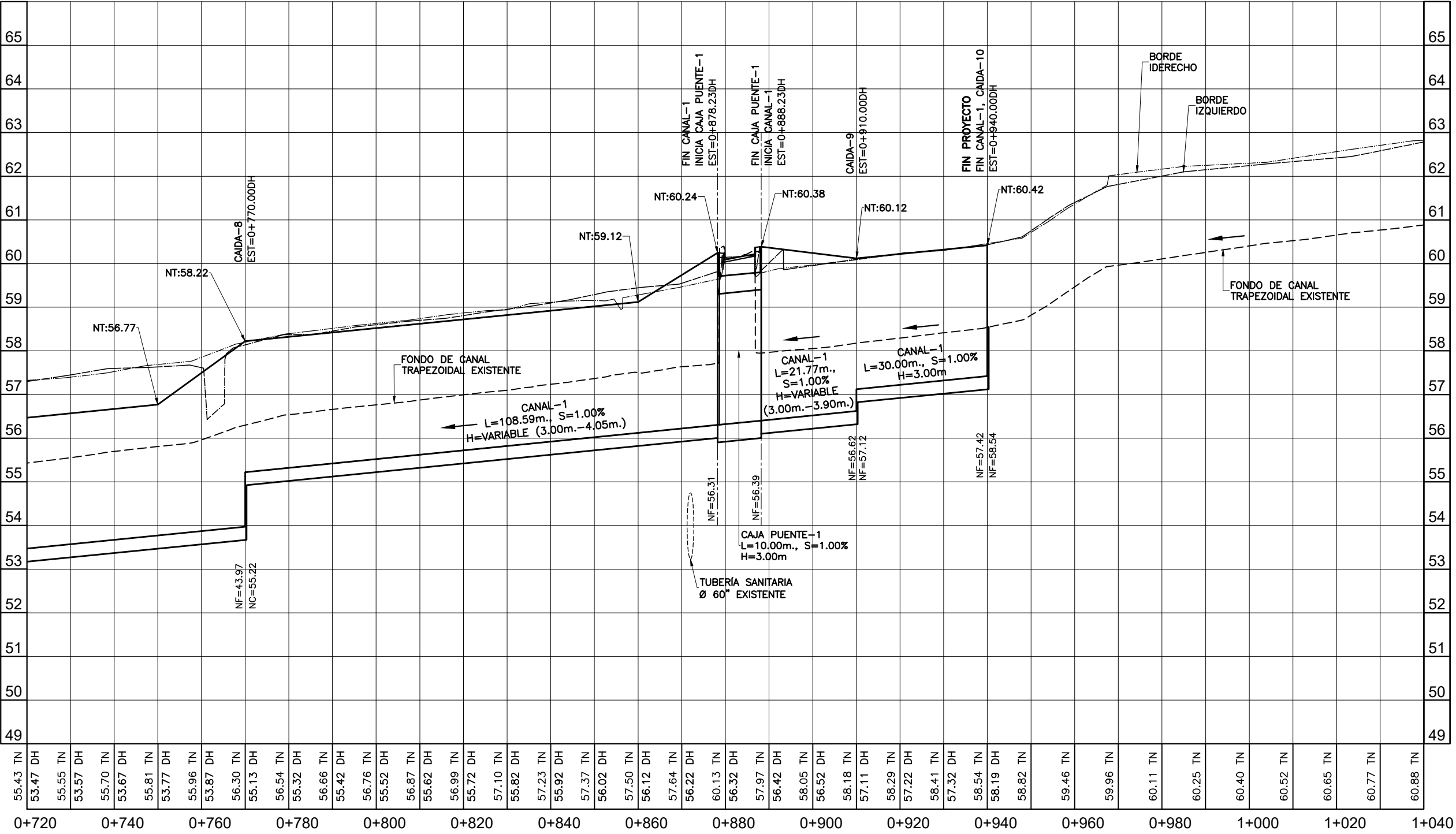


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 1000. - VERT.: 1/100.

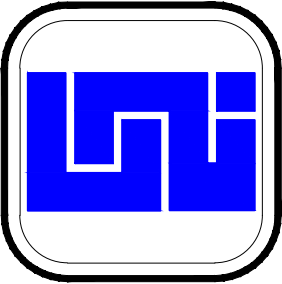
FECHA
MARZO
2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-04
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL
EST.: 0+720.00 DH AL EST.: 1+040.00 DH

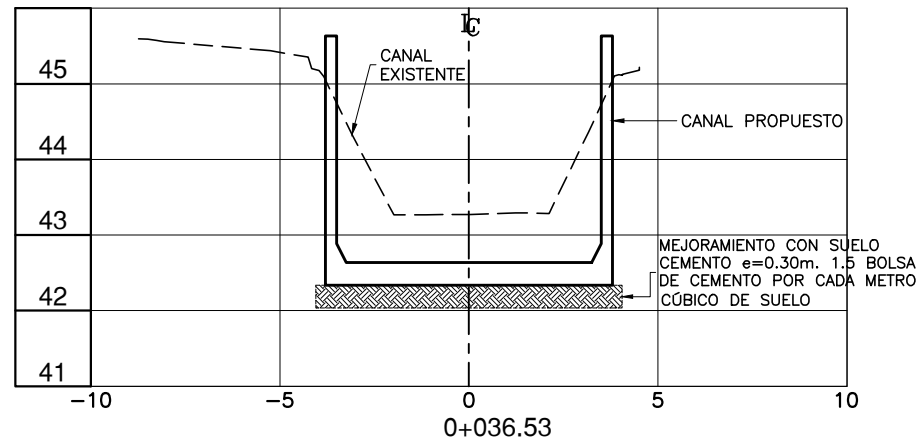
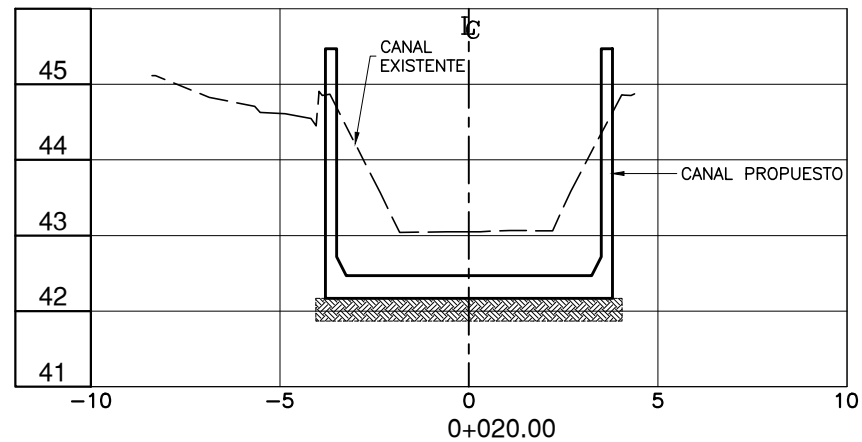
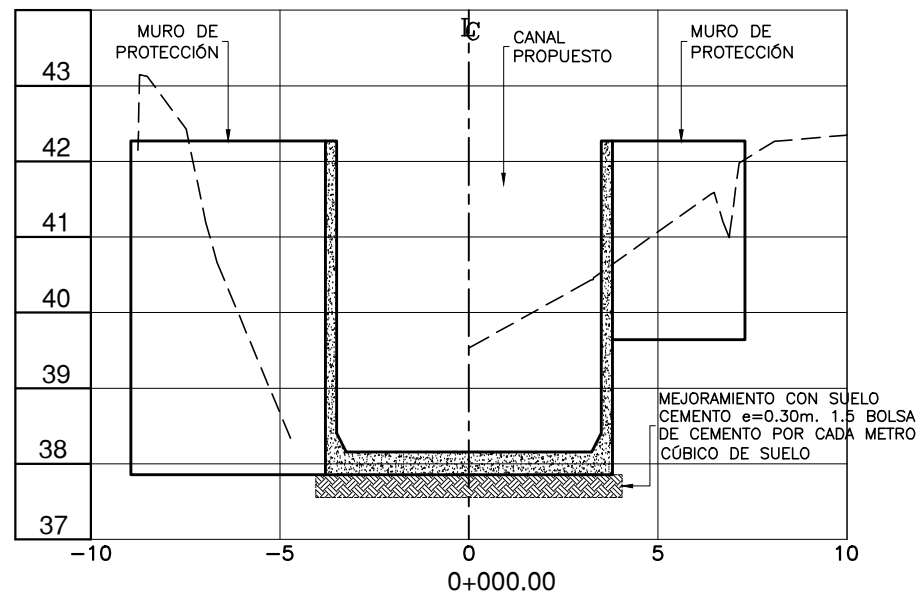


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: PhD. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 1000. - VERT.: 1/100.

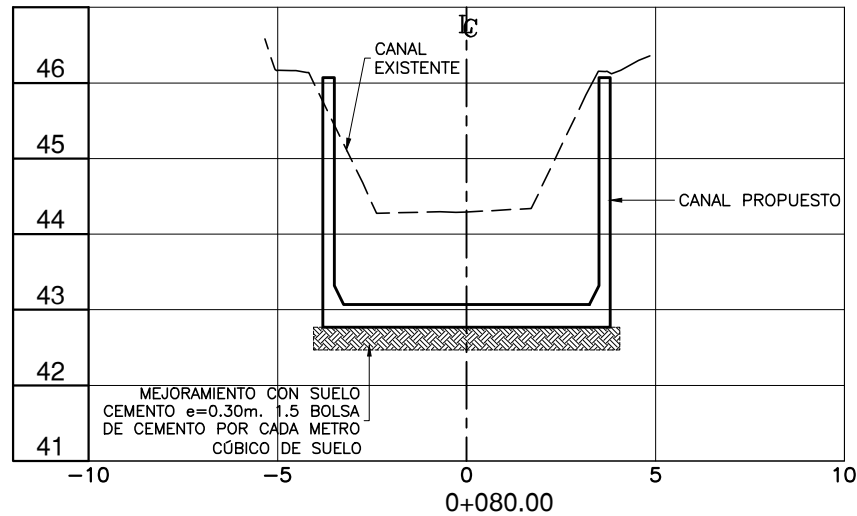
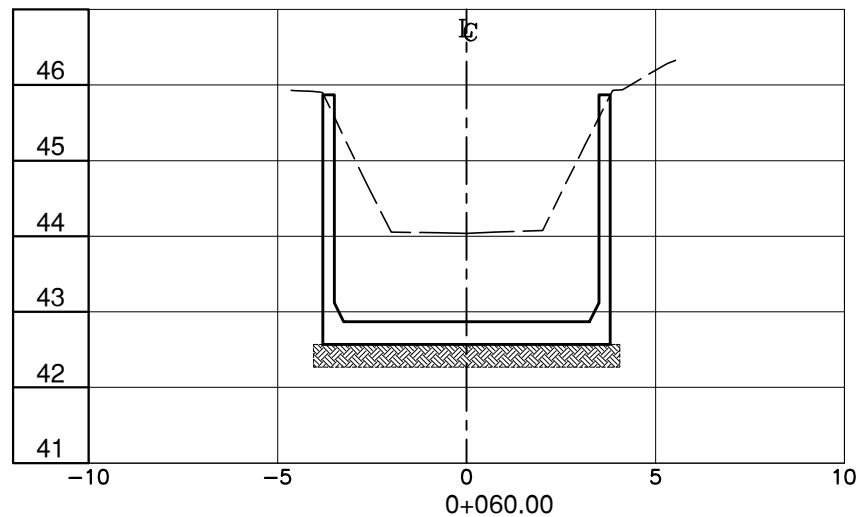
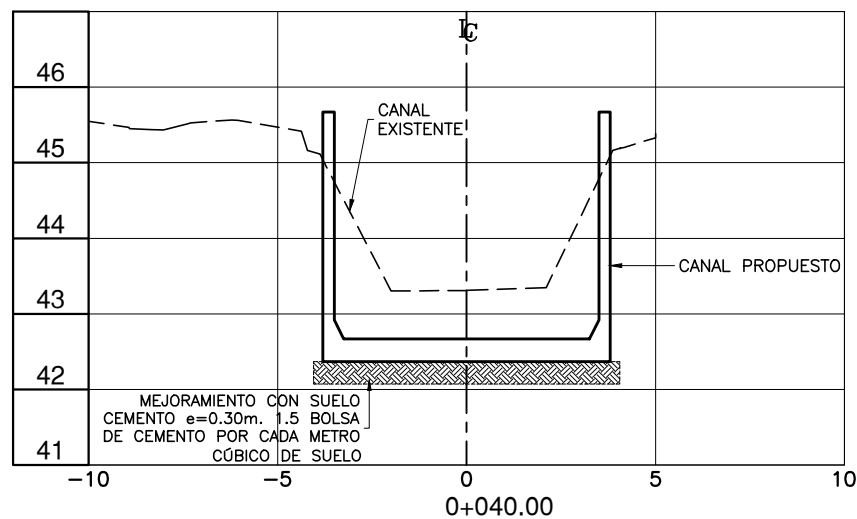
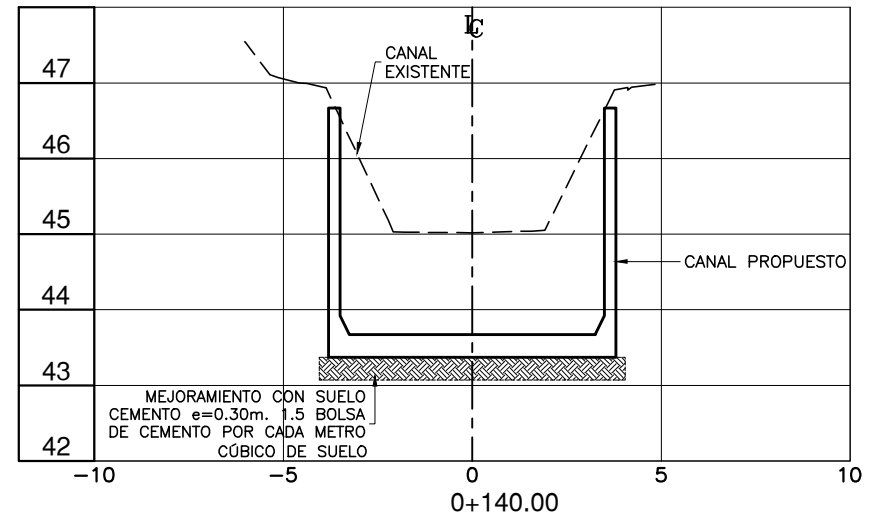
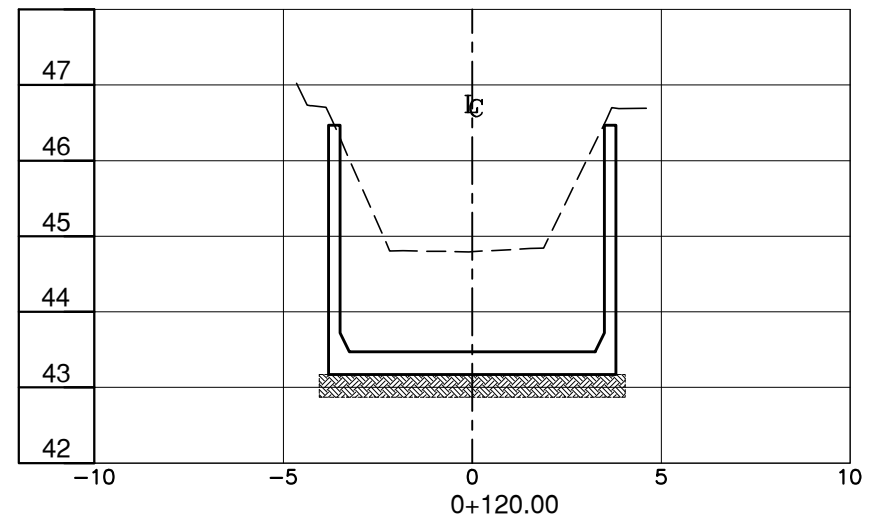
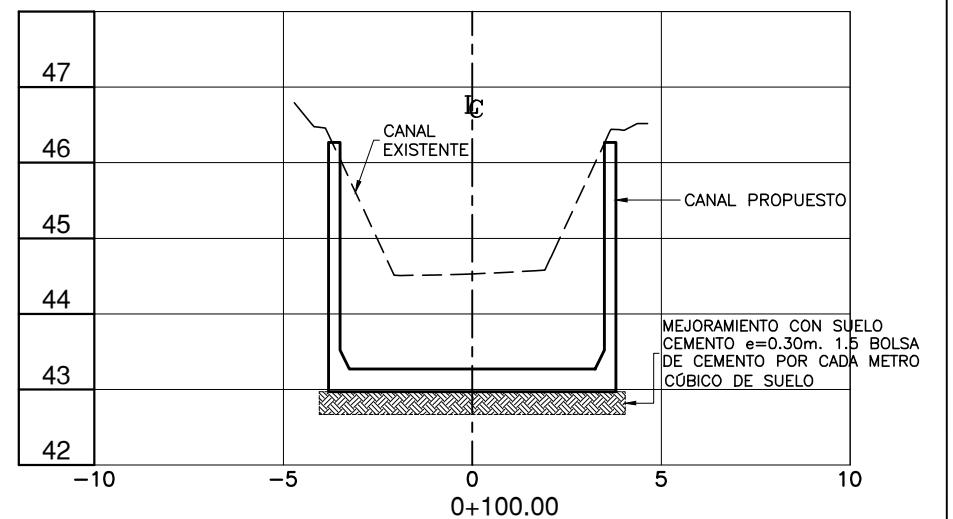
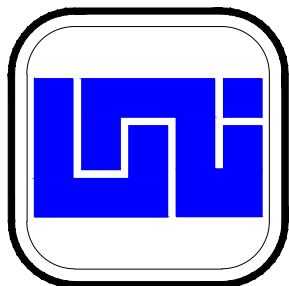
FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO PERFIL LONGITUDINAL DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR: BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ	

FORMATO TABLOIDE
DH-05
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+000 DH AL EST.: 0+140.00 DH

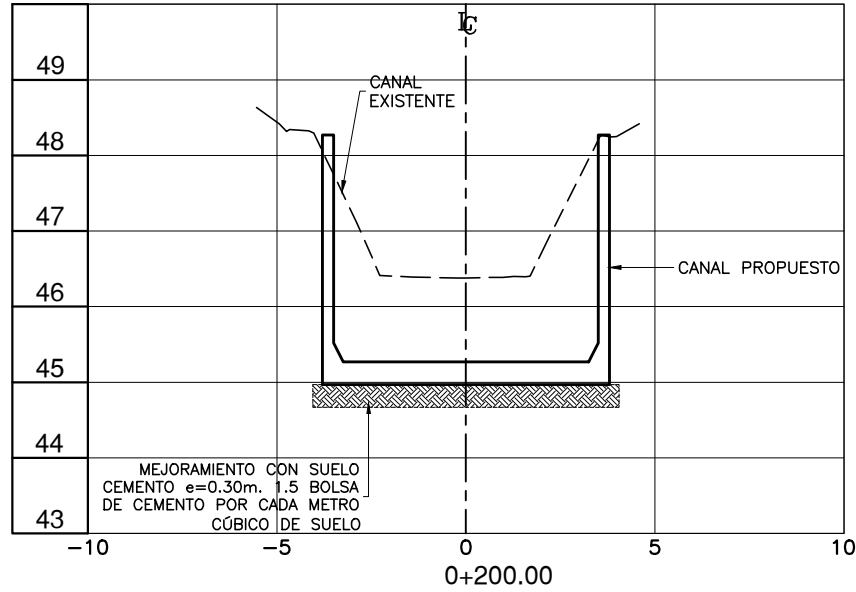
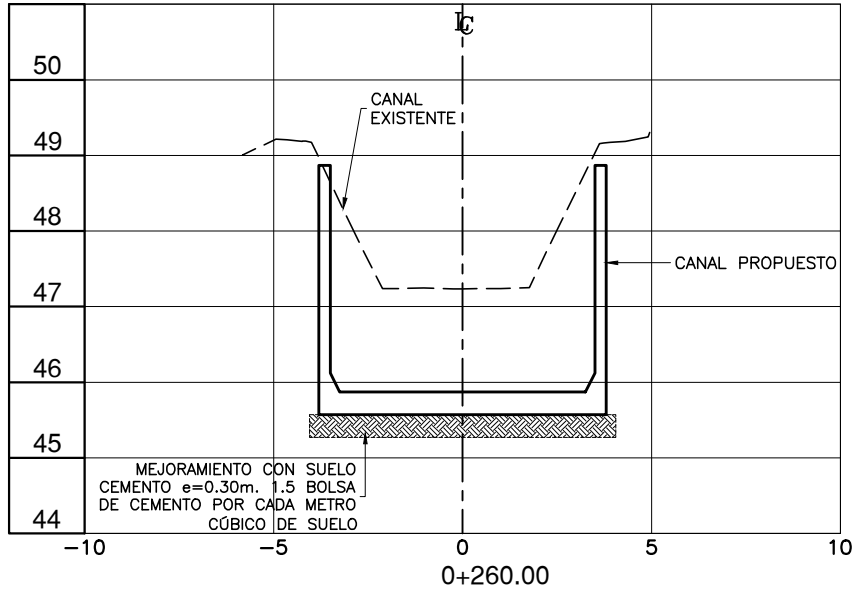
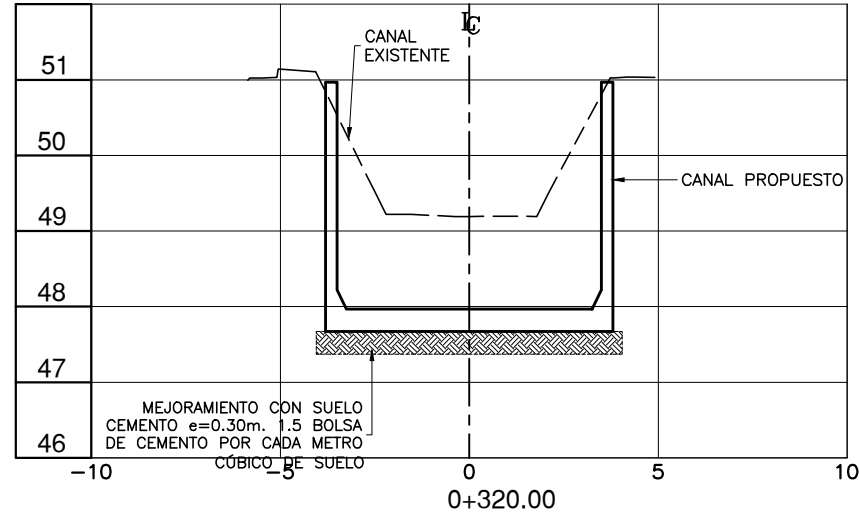
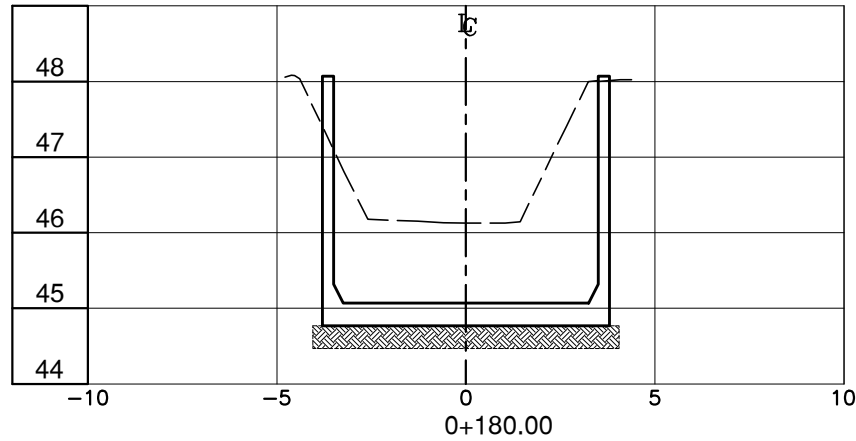
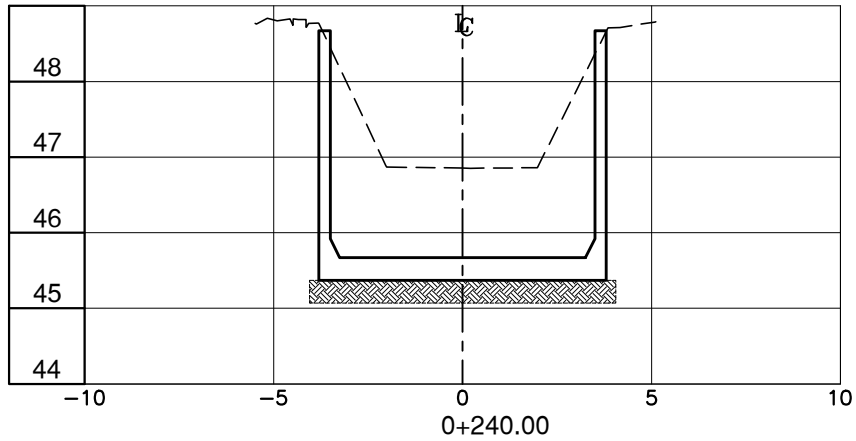
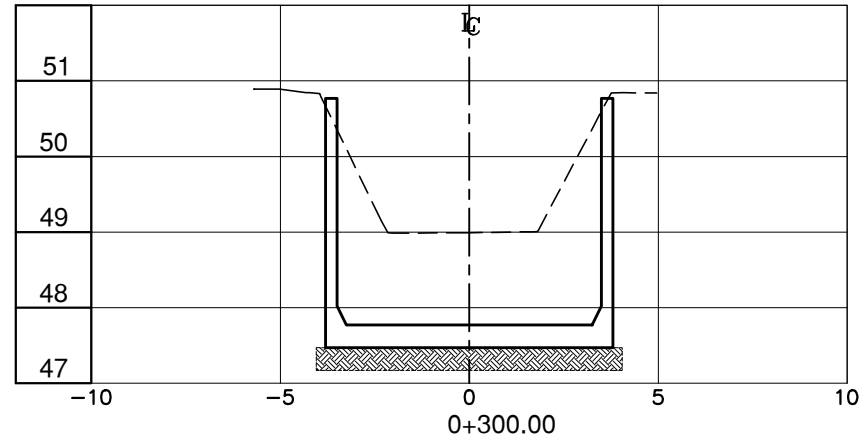
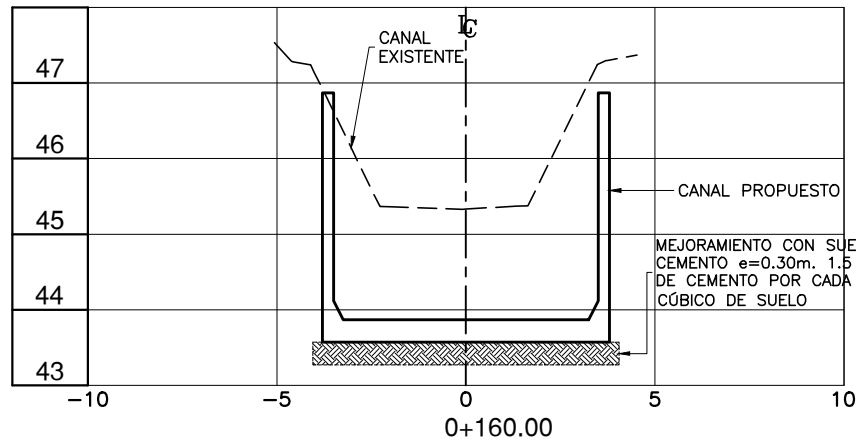
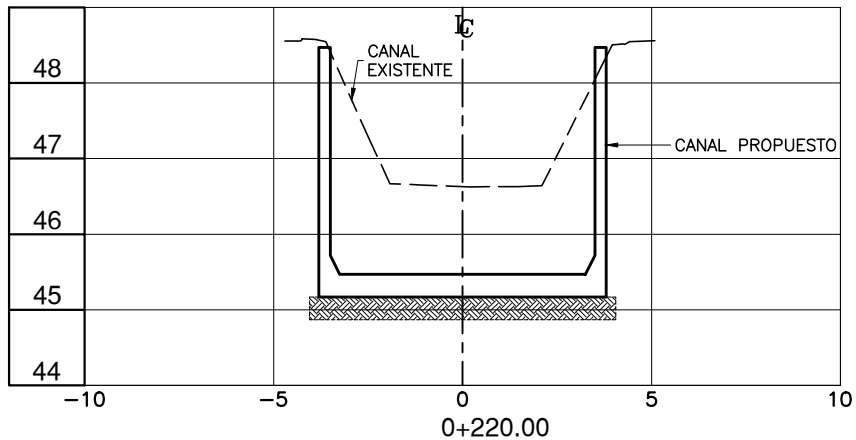
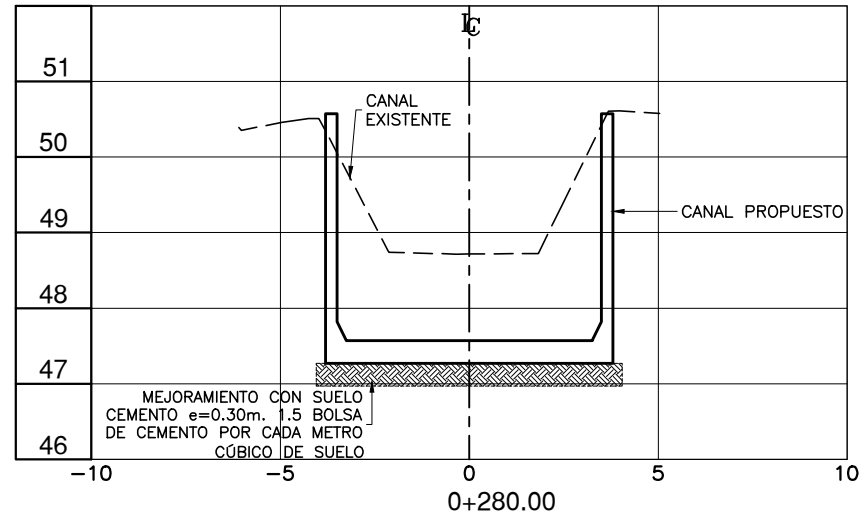


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: PhD. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

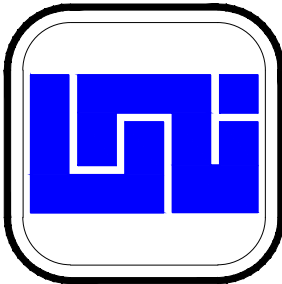
FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-06
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+160.00 DH AL EST.: 0+320.00 DH

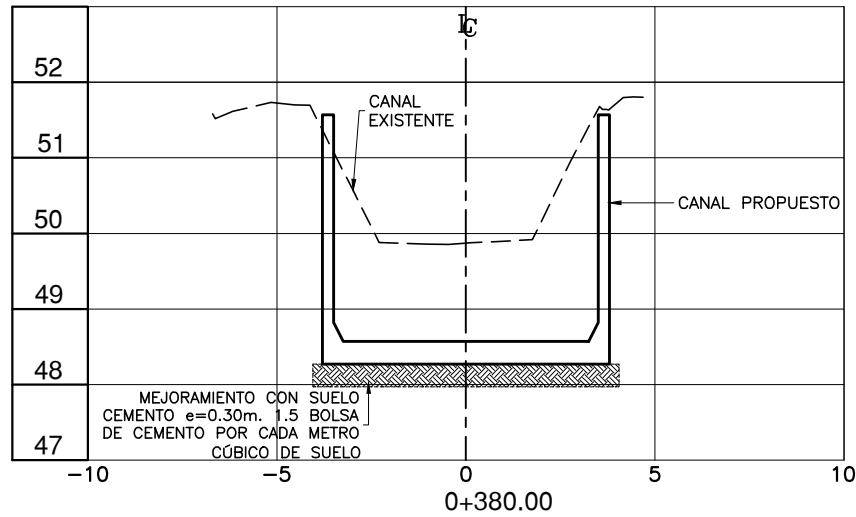
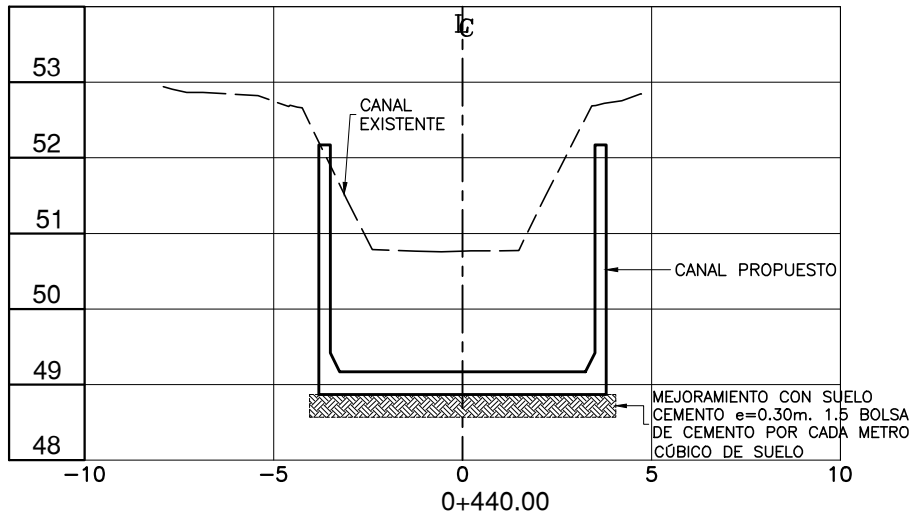
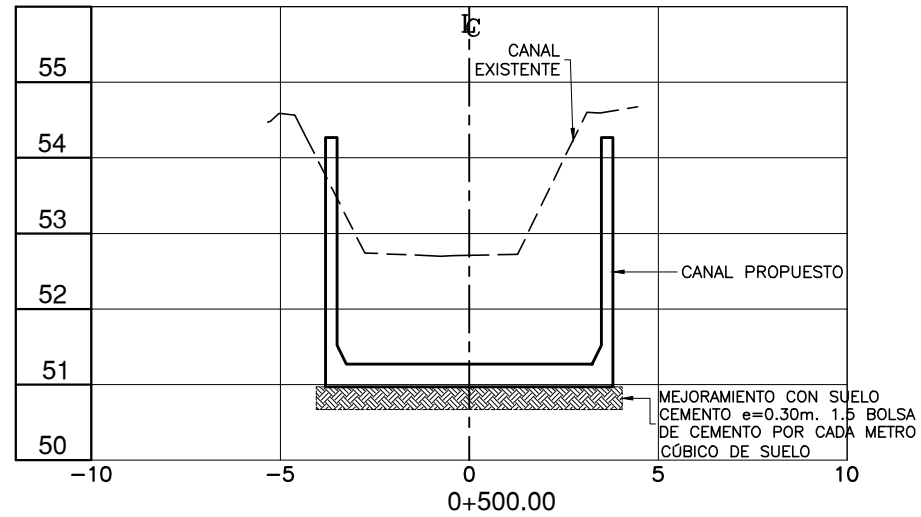
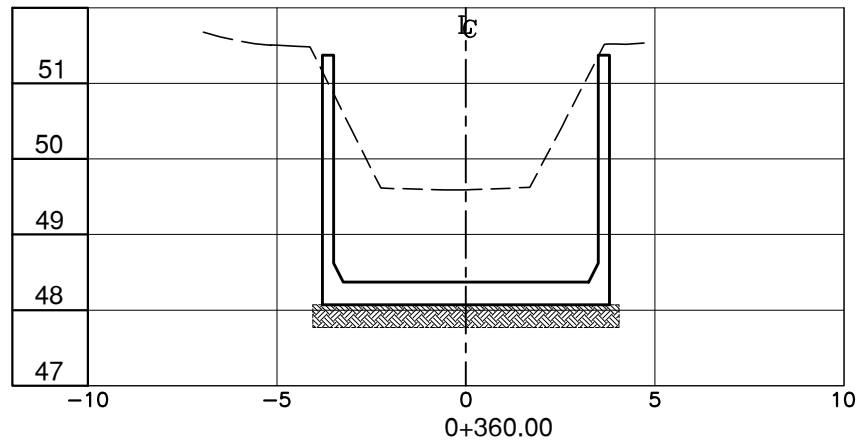
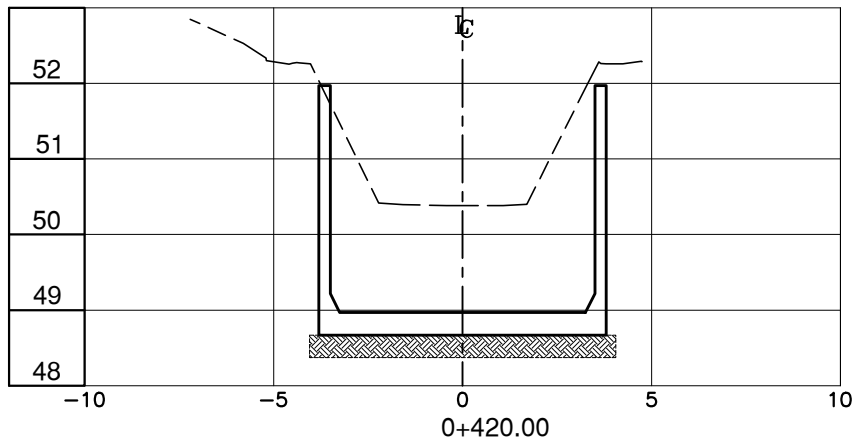
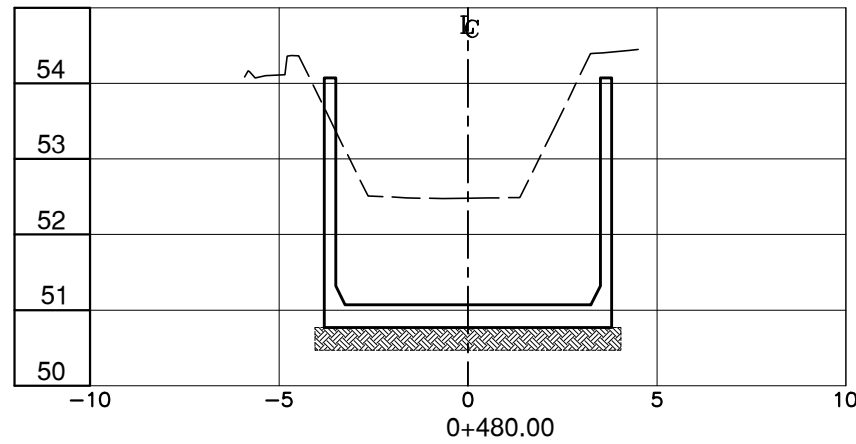
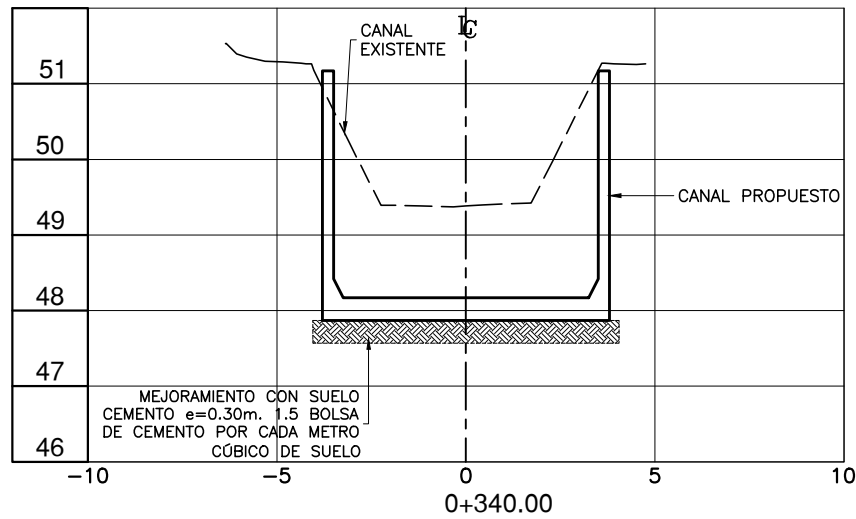
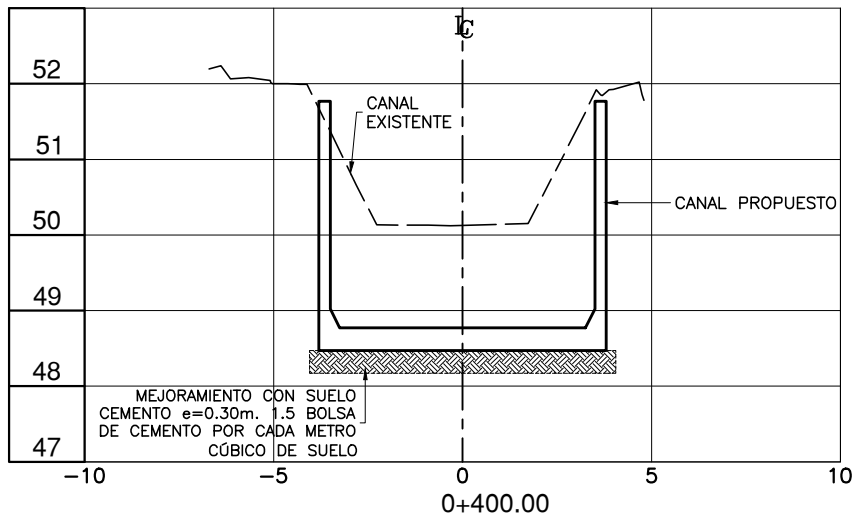
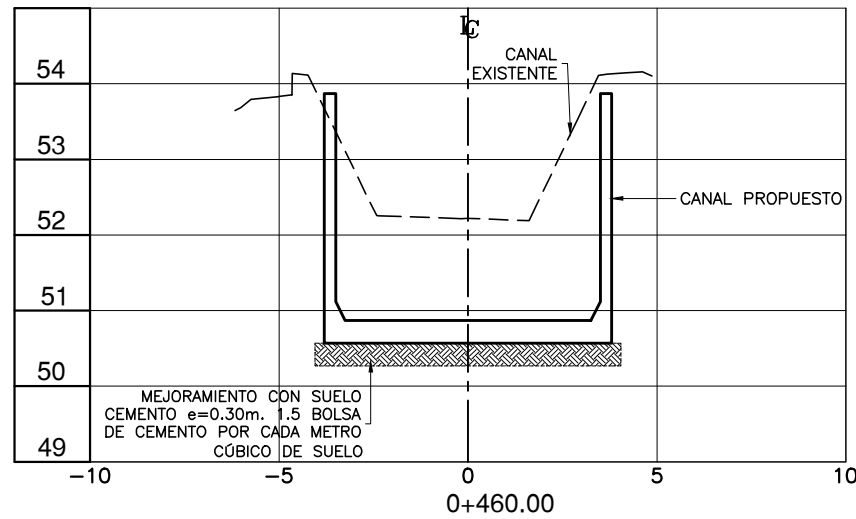


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

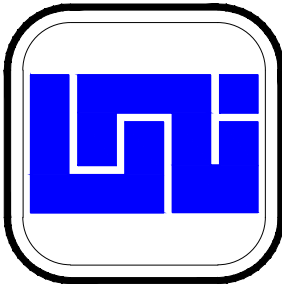
FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-07
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+340.00 DH AL EST.: 0+500.00 DH

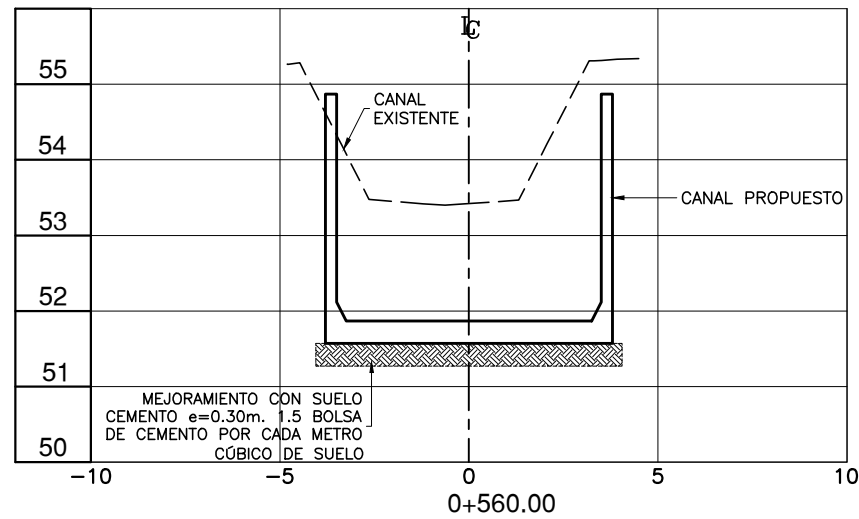
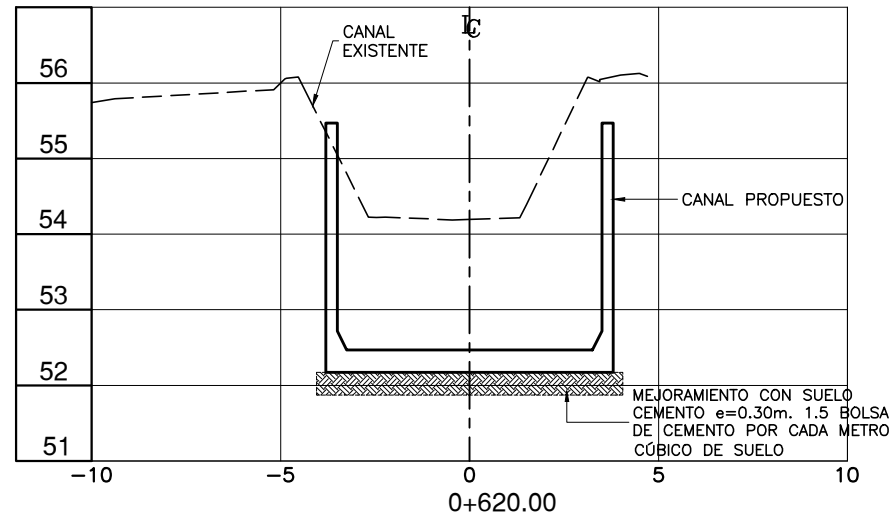
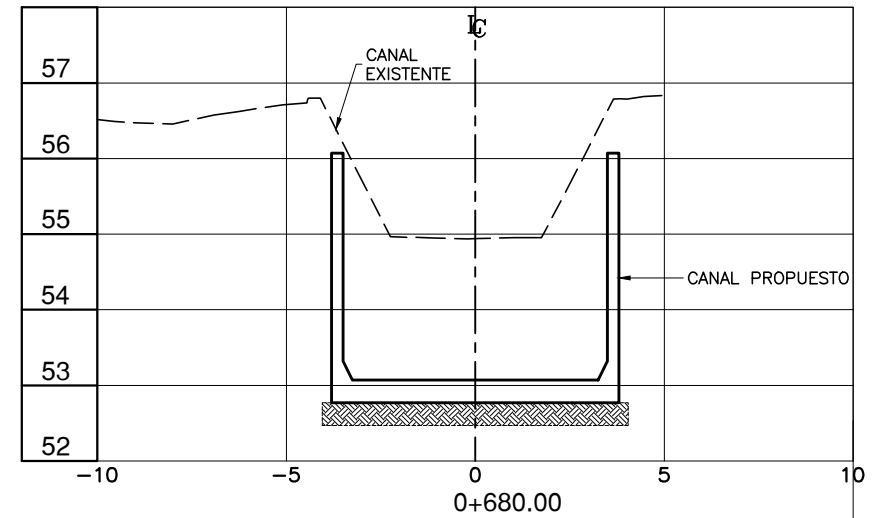
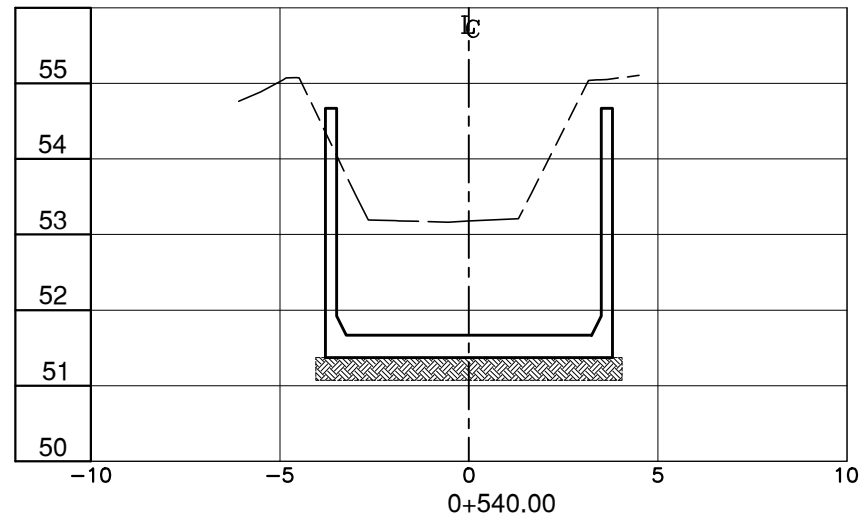
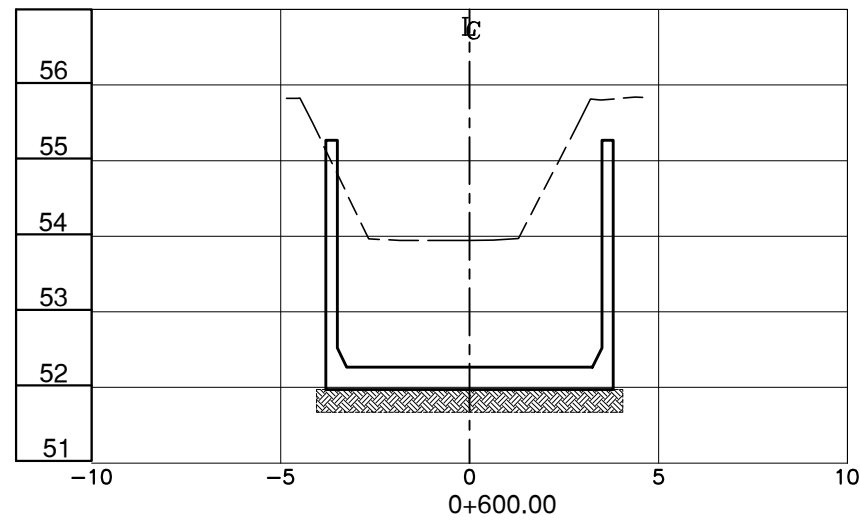
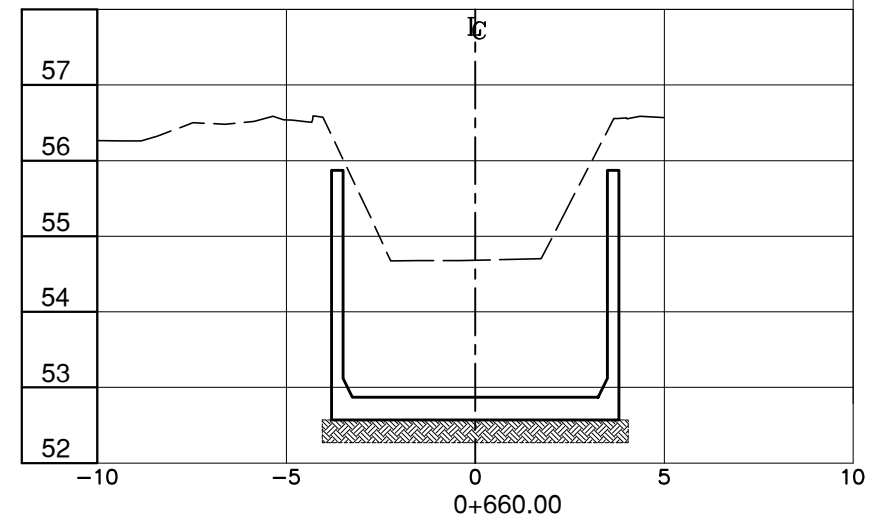
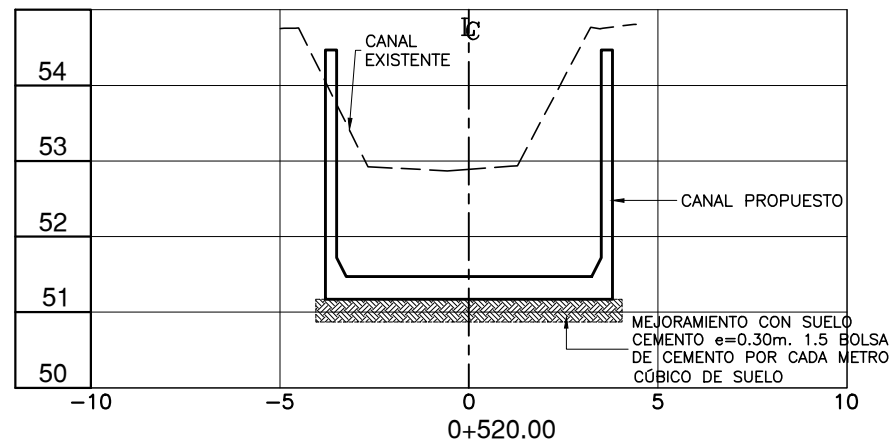
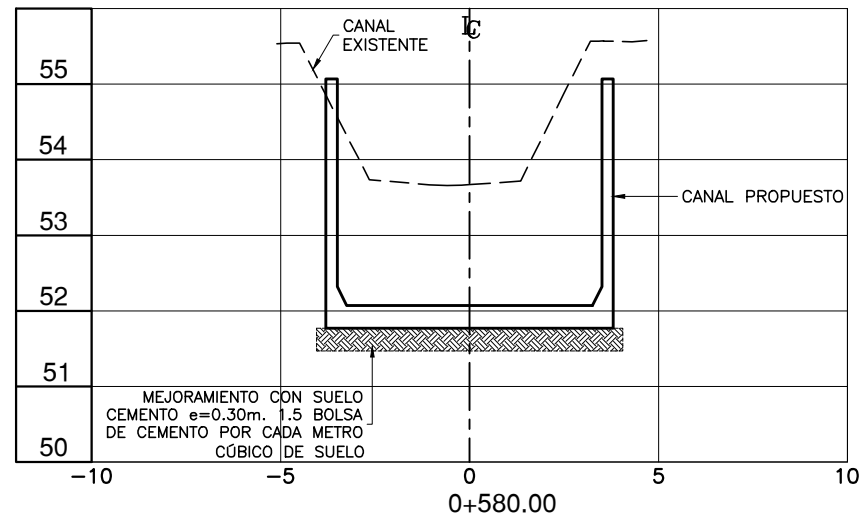
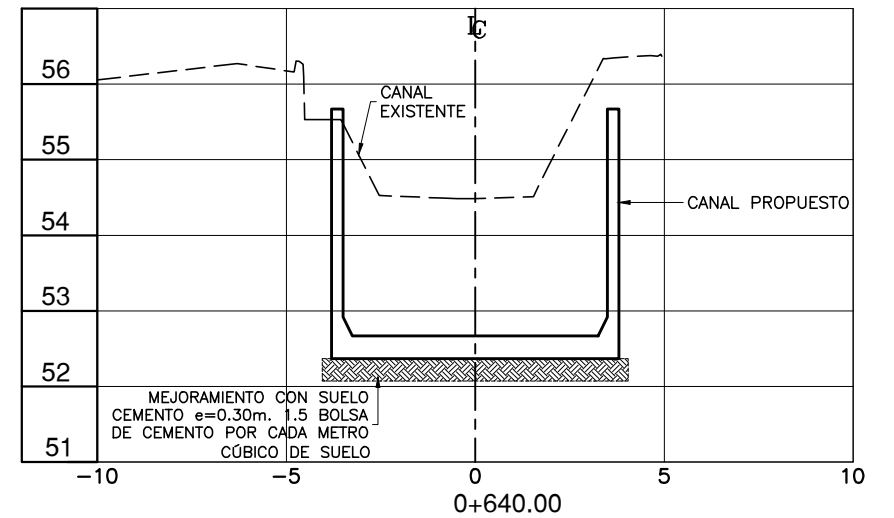


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

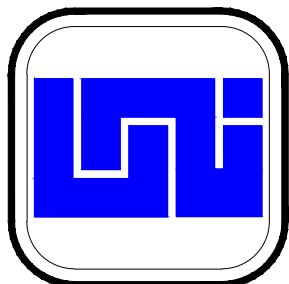
FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-08
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+520.00 DH AL EST.: 0+680.00 DH



PROYECTO:
ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026

UBICACION: MANAGUA

REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

FECHA
MARZO
2026

CONTENIDO:
DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.

ELABORADO POR:

BR. MARLON JOSE TRAÑA

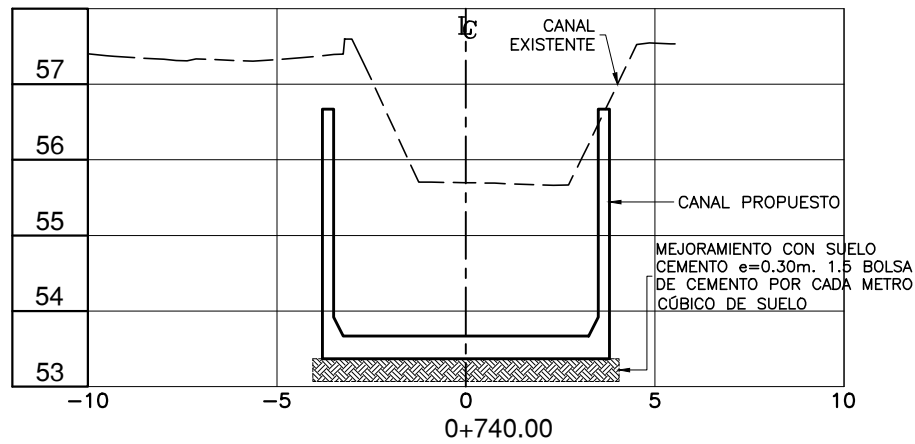
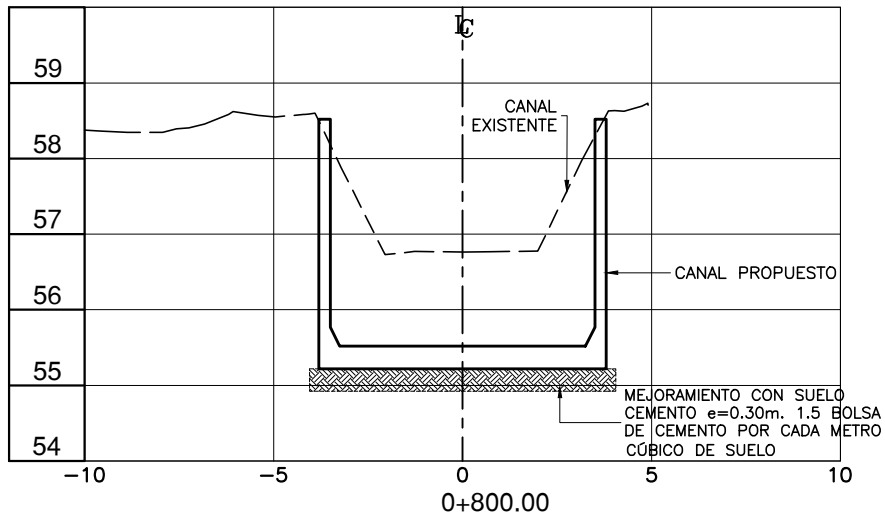
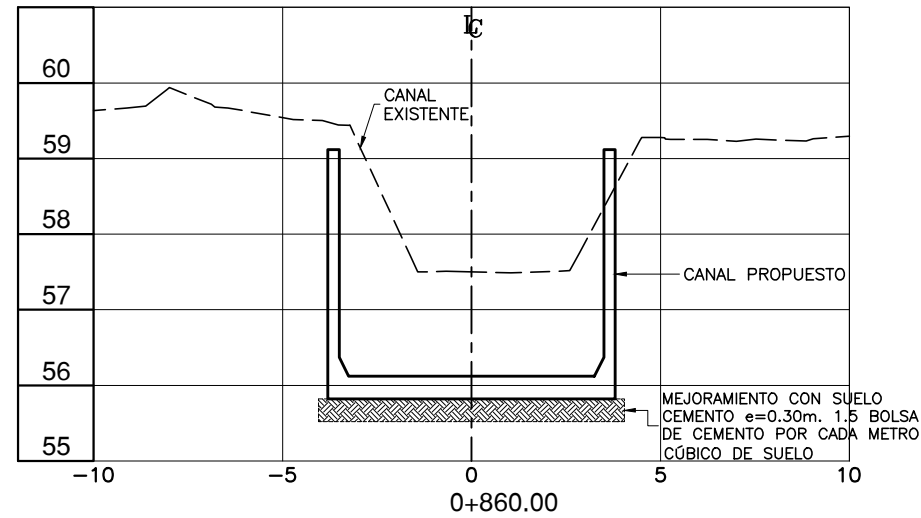
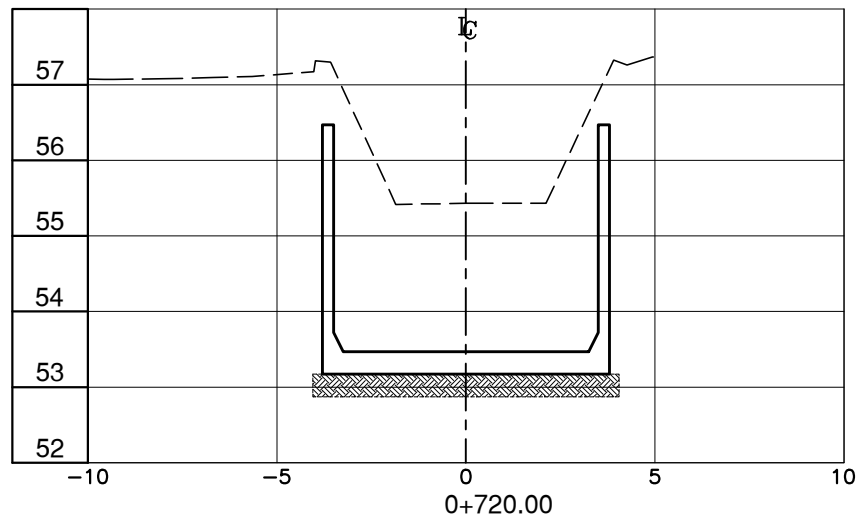
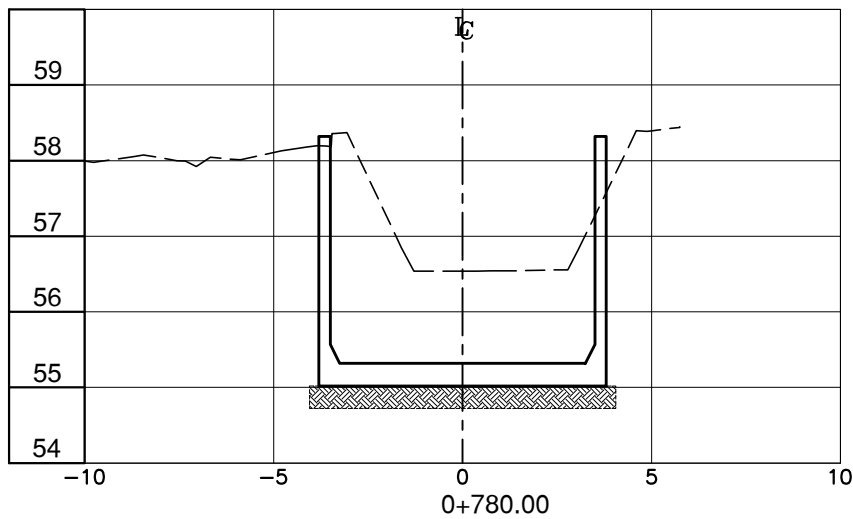
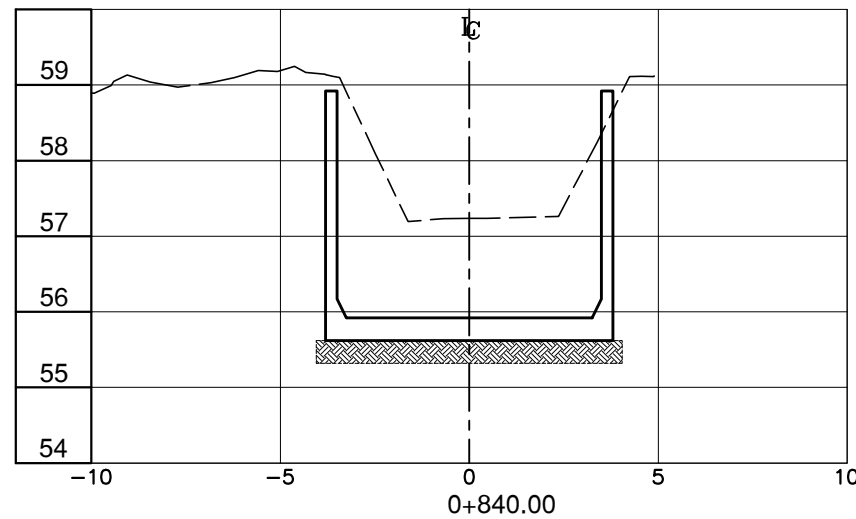
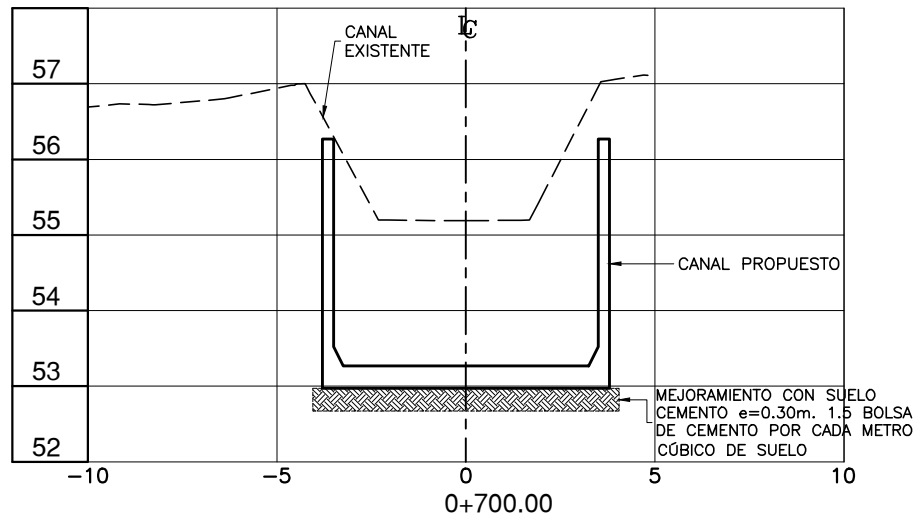
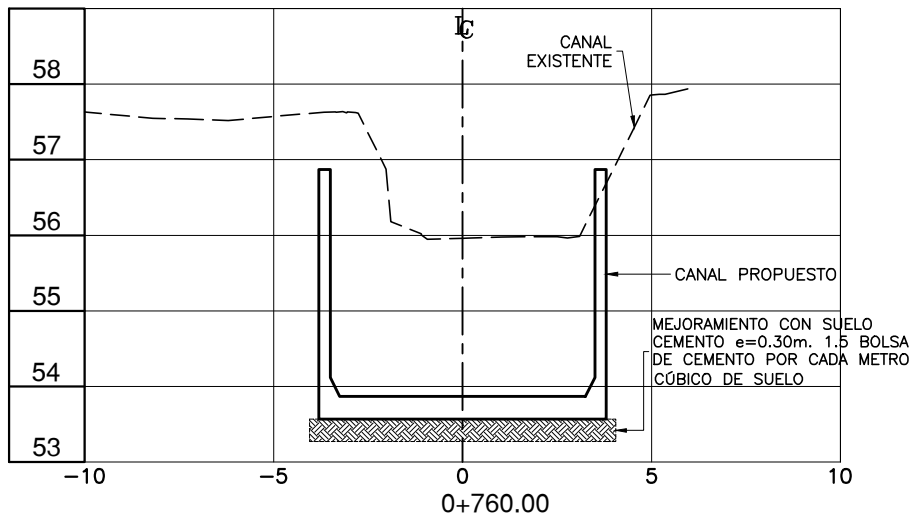
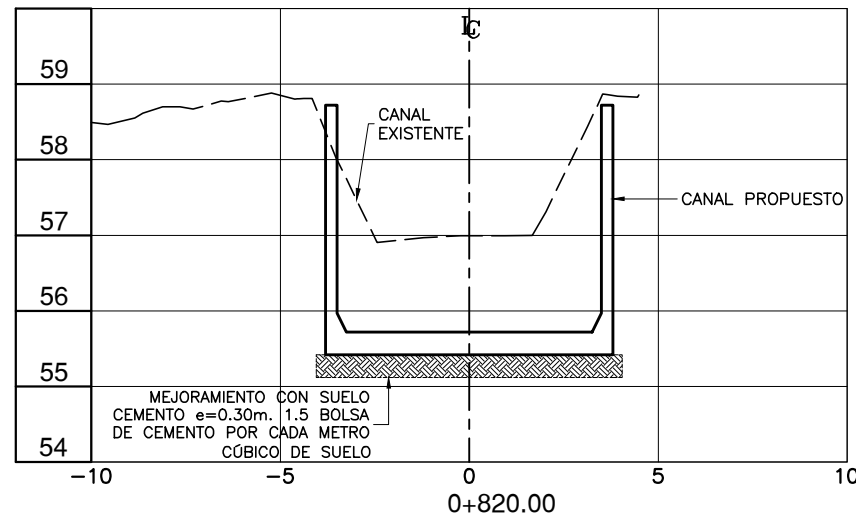
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO

BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

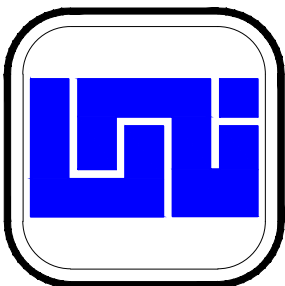
FORMATO TABLOIDE

DH-09

DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+700.00 DH AL EST.: 0+860.00 DH

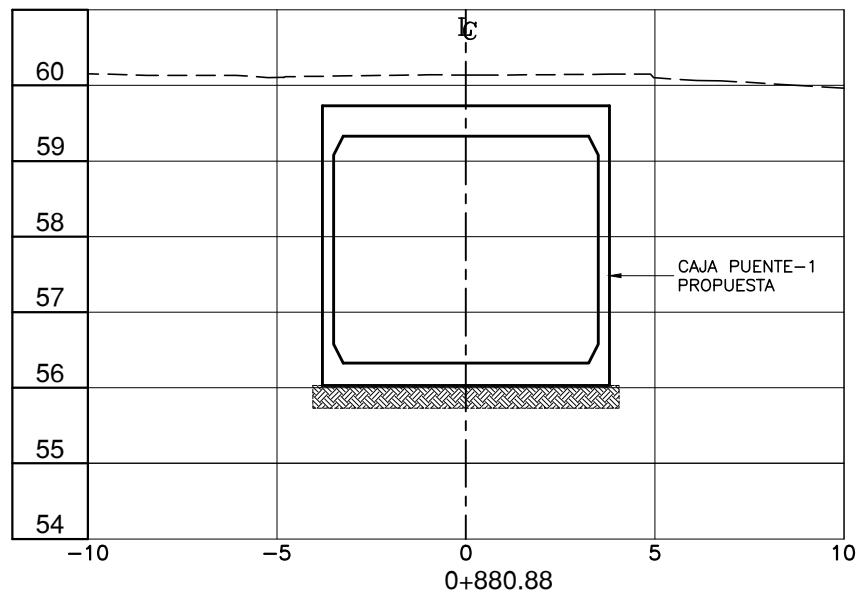
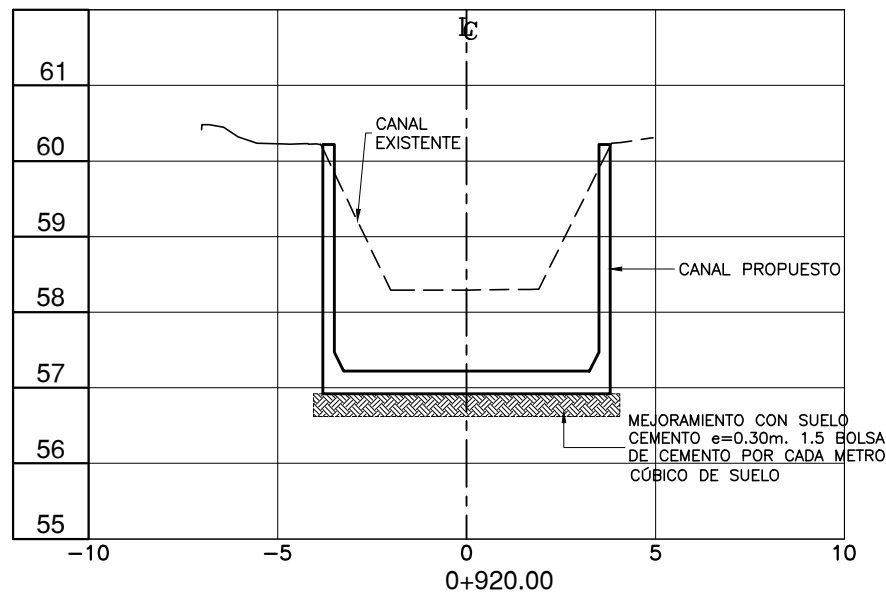
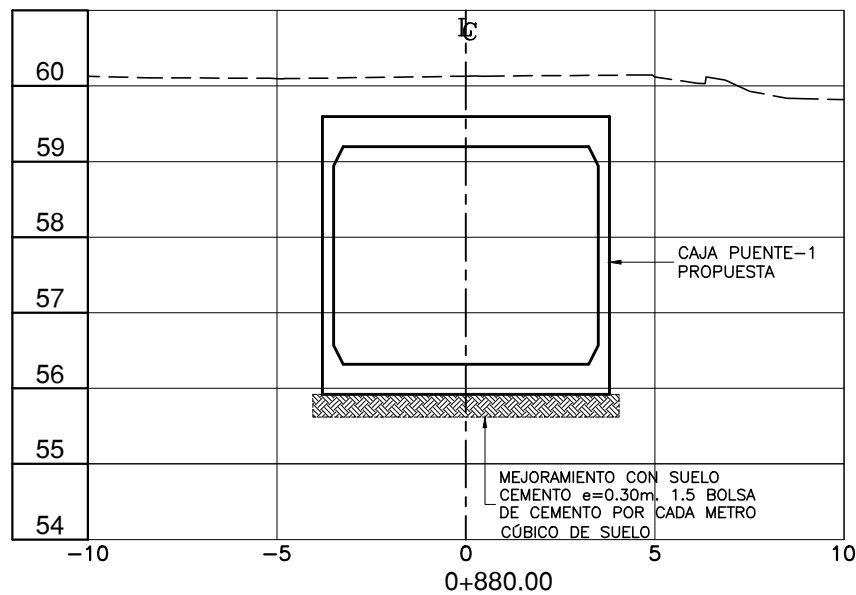
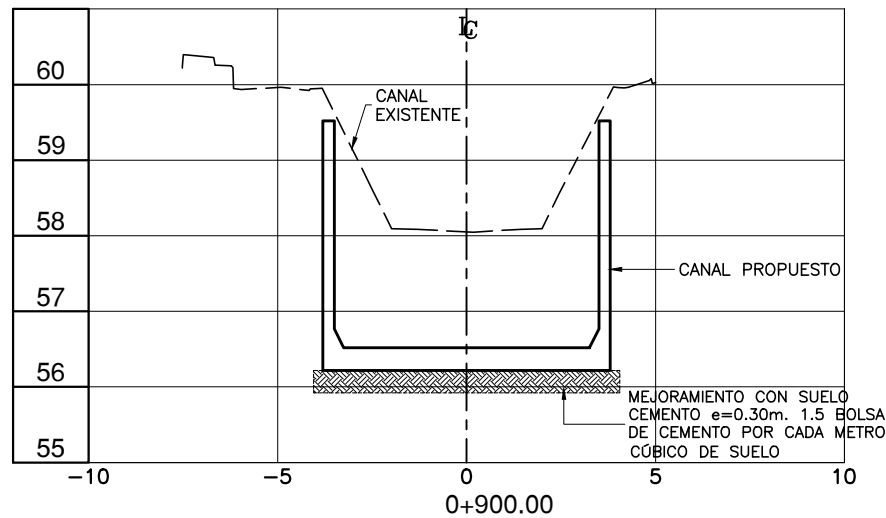
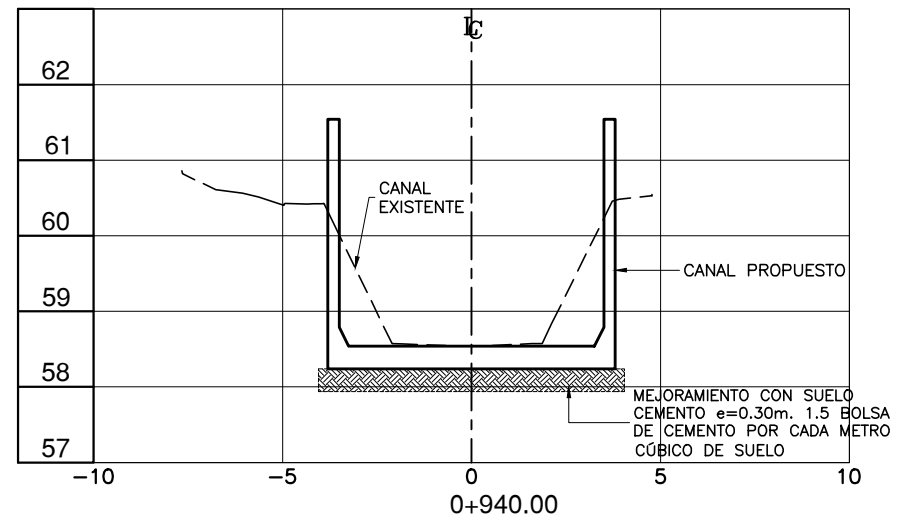


PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

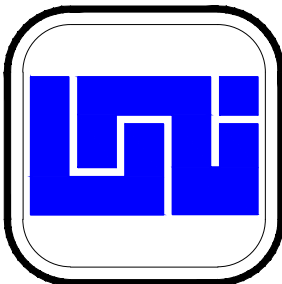
FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-10
DH-11



DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES
EST.: 0+880.00 DH AL EST.: 0+940.00 DH



PROYECTO: ESTUDIO HIDROTECNICO DEL PUENTE PORTEZUELO, EN EL BARRIO LA PRIMAVERA, DISTRITO VI DE LA CIUDAD DE MANAGUA, AÑO 2026	
UBICACION: MANAGUA	REVISO: Ph.D. JASSY RIVERA SOLIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	ESCALA: HOR.: 1 / 200. - VERT.: 1/100.

FECHA MARZO 2026

CONTENIDO: DISEÑO HIDRÁULICO SECCIONES TRANSVERSALES DE CAUCE PROPUESTO.	
ELABORADO POR:	BR. MARLON JOSE TRAÑA
BR. LESVIN AUDIEL SOBALVARRO	BR. VIVIAN JESSABELL LÓPEZ

FORMATO TABLOIDE
DH-11
DH-11

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	20042889		
NOMBRE	SOBALVARRO SOZA LESVIN AUDIEL		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	DIFCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2013

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	DIFCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singui.setec.edu.ni/>

Correo:
Clave:

FECHA: 12/03/2026 09:23:30



INICIO DE CLASES:

-- NUEVO INGRESO 2026:

- PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
- SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
- DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO

--REINGRESO 2026:

- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
- PRESENCIAL: 9 DE MARZO
- SABATINO: 7 DE MARZO
- DOMINICAL: 8 DE MARZO



SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

SOBALVARRO SOZA LESVIN AUDIEL

Carné: **2013-61663** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97-15** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2018 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los seis días del mes de noviembre del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,




MSc. Beatriz de los Angeles Tórrez Rodríguez
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE I

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6C50B706		
NOMBRE	TRAÑA REYES MARLON JOSE		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2016

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
 Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

Correo:
Clave:

FECHA: 25/02/2026 11:58:23



Creado Por: **RRORRES**
 Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:

- NUEVO INGRESO 2026:
 - PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
 - SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
 - DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO
- REINGRESO 2026:
 - CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
 - PRESENCIAL: 9 DE MARZO
 - SABATINO: 7 DE MARZO
 - DOMINICAL: 8 DE MARZO



SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO
ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

TRAÑA REYES MARLON JOSE

Carné: **2016-1376U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2022 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los seis días del mes de noviembre del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,


MSc. Beatriz de los Angeles Torrez Rodríguez
SECRETARIO DE AREA ACADEMICA



MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE I

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6CA0C0D3		
NOMBRE	LÓPEZ CÁRCAMO VIVIAN JESSABELL		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	F
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2017

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	DIFCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singu.setec.edu.ni/>

Correo:
Clave:

FECHA: 13/03/2026 09:03:12



INICIO DE CLASES:

-- NUEVO INGRESO 2026:

- PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
- SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
- DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO

--REINGRESO 2026:

- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
- PRESENCIAL: 9 DE MARZO
- SABATINO: 7 DE MARZO
- DOMINICAL: 8 DE MARZO



SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO
ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

LÓPEZ CÁRCAMO VIVIAN JESSABELL

Carné: **2017-0413U** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2022 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciocho días del mes de noviembre del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente




MSc. Beatriz de los Angeles Tórrez Rodríguez
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



