



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Ingeniería Civil y Ambiental (DICA)

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Modelación física de fenómenos hidráulicos

1 Proyecto de Investigación

Título:

“Modelación física de separadores de caudales pluvial y sanitario en alcantarillados combinados para ciudades andinas en Ecuador. Caso de la descontaminación y recuperación del Río Machángara en Quito”

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La investigación propone el análisis y optimización mediante la modelación física de los separadores de caudales pluvial y sanitario en alcantarillados combinados con pendientes pronunciadas desde los puntos de vista hidráulico, sanitario y ambiental.

En Ecuador, para lograr la descontaminación de sus recursos hídricos, es fundamental el diseño y construcción de un conjunto de óptimos sistemas hidráulico – sanitarios de depuración, de tal manera que las grandes inversiones en infraestructura que realicen las municipalidades y gobiernos locales, sean justificadas.

Los separadores de caudales para colectores perimetrales son uno de estos sistemas fundamentales, y están siendo diseñados y construidos con criterios hidráulicos muy básicos, sin tomar en cuenta el criterio ambiental definido por los rangos de contaminación (DBO), el cual permite garantizar un vertido de aguas a los ríos con una DBO por debajo del límite permitido por la legislación ambiental y al mismo tiempo la conducción de aguas contaminadas de alta DBO y baja dilución hacia las plantas de depuración que se están proyectando, construyendo y cuyos grandes tamaños y altos costos de ejecución, operación y mantenimiento son proporcionales a los caudales a ser tratados. En resumen: si no se separan adecuadamente los caudales combinados hacia los pluviales (vertidos en los ríos) y los sanitarios (depurados en plantas), la inversión en estos grandes proyectos de ingeniería será un desperdicio de recursos económicos sin obtener los resultados de descontaminación deseados y que beneficiarán a todos los sectores involucrados al agua.

El alcance de este proyecto es modelar, mejorar y presentar una óptima estructura hidráulica - sanitaria de separación de caudales que pueda servir de base de diseño para próximos proyectos en las distintas ciudades andinas del Ecuador.

Palabras clave (4-6): Modelo Hidráulico, Depuración Agua, Alcantarillado Combinado, Separador Caudales, Colectores Sanitarios, Límite vuelco, Flujo Supercrítico.



5

Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación.

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

- Investigar el funcionamiento hidráulico - sanitario de separadores de caudales propuestos en el programa de descontaminación de los ríos de Quito y plantear una geometría optimizada útil en alcantarillados combinados para poblaciones de topografía pronunciada, con el fin de garantizar el vertido de aguas a los receptores cumpliendo la legislación ambiental vigente y la eficiente conducción de aguas contaminadas hacia las plantas de depuración futuras, que justifique sus altos costos de inversión y así logren efectivamente descontaminar los cuerpos hídricos en cuestión.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar teóricamente el funcionamiento hidráulico - sanitario de los separadores de caudales propuestos en los diseños de la EPMAPS - Q para la primera fase del programa de descontaminación del Río Machángara en Quito - Ecuador.
- b. Construir un modelo físico tridimensional y calibrado para el separador de caudales en cuestión y sus respectivos sistemas de bombeo e instrumentos de medición.
- c. Ejecutar un plan finito de pruebas del modelo, en función de las posibles combinaciones entre los caudales sanitarios y pluviales a ser drenados. Tabular y analizar cualitativa y cuantitativamente los resultados obtenidos.
- d. Tabular y analizar tanto cualitativa como cuantitativamente los resultados visuales y numéricos obtenidos en las pruebas del modelo físico del separador de caudales construido.
- e. Realizar sobre las curvas experimentales de derivación un análisis numérico comparativo de lo obtenido en la modelación versus lo previsto con el cálculo teórico inicial, en cuanto al funcionamiento, flujos y eficiencia en la separación de caudales.
- f. Modificar y optimizar la geometría del modelo original en base a las conclusiones obtenidas en el primer plan de pruebas; ejecutar un plan de pruebas al modelo modificado y concluir al respecto.
- g. Proponer la geometría modificada como una base de diseño y proyección de separadores de caudales para la EPMAPS - Q en Quito y el resto de ciudades andinas ecuatorianas.
- h. Exponer la importancia de la modelación física de las estructuras hidráulicas - sanitarias como un complemento al diseño teórico de las mismas.
- i. Generar conocimiento que contribuya al mejoramiento sanitario y ambiental a través de la exposición de las conclusiones obtenidas a los proyectistas y profesionales interrelacionados en el medio.

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

Esta propuesta de investigación ratifica los objetivos científicos propuestos dentro de la modelación física y numérica de fenómenos hidráulicos con un enfoque sanitario y ambiental, implementada para el análisis y optimización de los separadores de caudales.

El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental tiene una larga trayectoria en el área de modelación física que ha permitido alcanzar importantes aportes al desarrollo del país a través de la optimización de la gran mayoría de proyectos importantes relacionados con el aprovechamiento y manejo racional de los recursos hídricos. Al plantear la complementación de la modelación física hidráulica con el análisis numérico de



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

los parámetros de contaminación del agua, se busca conseguir una geometría de los separadores de caudales que sirva de base para los futuros proyectos de los programas de descontaminación de los ríos de la zona andina del Ecuador, es decir, brindando un aporte significativo a los proyectistas, diseñadores y empresas prestadoras de servicios sanitarios, al igual que lo hacen los grandes centros de investigación en las Universidades más destacadas a nivel mundial. Sin embargo, es muy importante mantener siempre presente que la modelación física requiere indispensablemente de la fase de calibración para garantizar la validez de sus resultados. El desarrollo del presente proyecto de investigación, en consecuencia aportará en la consolidación del equipo de investigadores dedicados a la modelación de fenómenos hidráulicos, ampliando su experiencia en los temas vinculados a la contaminación de los recursos hídricos, parámetros de calidad de agua y los alineamientos de la ingeniería sanitaria enfocados en la depuración y saneamiento, con miras hacia la urgente aplicación de todas las tecnologías existentes e implementación de infraestructuras que permitan lograr el objetivo final de descontaminar aquellos cuerpos hídricos fuertemente afectados en la actualidad.

De esta manera, el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental cumple con uno de sus principales objetivos relacionados con el desarrollo de la investigación aplicada para resolver problemas específicos relacionados con el uso y manejo de los Recursos Hídricos en nuestro país. El CIERHI como centro de Investigación y Estudios en Recursos Hídricos, ha colaborado con importantes soluciones en los más relevantes proyectos de desarrollo a nivel nacional y ahora debe de igual manera seguir ofreciendo su experiencia y conocimiento en un enfoque bajo la óptica de los parámetros de la ingeniería sanitaria y ambiental, como una propuesta complementaria e íntimamente relacionada a la hidráulica propiamente dicha, brindando un amplio aporte hacia los profesionales vinculados a las distintas disciplinas de la ingeniería involucradas y para provecho de toda la población, cumpliendo así con la tarea que le corresponde a la universidad ecuatoriana y que es la de dar respuesta eficiente a los problemas nacionales. En este caso particular, se busca nuevamente alcanzar este objetivo que justifica la presencia de la Universidad Ecuatoriana en la solución de problemas técnicos y en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos y el cuidado del medio ambiente.

5.3 Productos esperados

- | | |
|---|-------------------------------------|
| a. Publicaciones científicas (obligatorio); | <input checked="" type="checkbox"/> |
| b. Disertación a la Comunidad Politécnica; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| c. Proyecto de Titulación; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); | <input checked="" type="checkbox"/> |
| e. Aplicación tecnológica construida o implementada; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| f. Patente presentada; | <input checked="" type="checkbox"/> |
| g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. | <input checked="" type="checkbox"/> |



5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

Los resultados esperados de la investigación experimental son:

- a) La presentación del análisis teórico del funcionamiento hidráulico - sanitario de los separadores de caudales propuestos con la geometría original en los diseños de la EPMAPS - Q para la primera fase del programa de descontaminación del Río Machángara en Quito - Ecuador y obtención de conclusiones pertinentes.
- b) La construcción del modelo físico tridimensional con la geometría original del separador de caudales en la escala más adecuada obtenida en base a la teoría de la similitud dinámica hidráulica; en conjunto con los sistemas de bombeo e instrumentación para las mediciones de parámetros hidráulicos pertinentes.
- c) La calibración del modelo físico construido y ejecución del plan finito de pruebas de funcionamiento en base a los datos de los caudales sanitarios y pluviales a ser drenados, y en función de la gama de las posibles combinaciones entre los mismos.
- d) El análisis de resultados y obtención de conclusiones sobre las pruebas del modelo físico original, en cuanto a su comportamiento hidráulico y calidad de agua derivada hacia cada tipo de colector.
- e) El análisis numérico comparativo de los resultados de la modelación con la geometría original y lo previsto con el cálculo teórico inicial, en cuanto al funcionamiento, flujos y eficiencia en la separación de caudales.
- f) La propuesta de optimización de la geometría del modelo original en función de las conclusiones obtenidas, análisis previos y la determinación de los rangos de caudales correspondientes a ambos tipos de colectores, que a su vez son determinados por los rangos de calidad de agua que se esperan separar (valores de DBO obtenidos mediante un balance de masas) y ejecución de las pruebas de funcionamiento.
- g) La comparación y análisis entre el modelo original con respecto al optimizado. Se propondrá finalmente una geometría estandarizada para el diseño de separadores de caudales en zonas de altas pendientes, con las debidas justificaciones y recomendaciones para el diseño.
- h) La exposición de la gran importancia de la modelación física de las estructuras hidráulicas - sanitarias como un complemento al diseño teórico de las mismas.
- i) Ofrecer a la comunidad técnica del país los resultados de la investigación que permitan mejorar los criterios de diseño de las estructuras de separación de caudales, aportando de esta manera a la optimización de los recursos económicos invertidos por los municipios y organismos relacionados con la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de obras hidráulicas y sanitarias para la descontaminación de los recursos hídricos. Se insiste que el buen funcionamiento hidráulico de este tipo de obras, no solamente garantiza la inversión del estado o de los organismos a cargo, sino también asegura cumplir con la tendencia mundial en cuanto a minimizar las descargas de mayor contaminación a los cuerpos hídricos, lo cual se exige en toda legislación ambiental, es decir se minimizan los impactos ambientales y se mejora de esta manera la calidad de vida de los pobladores.
- j) Desarrollo de al menos dos proyectos de titulación para la carrera de Ingeniería Civil y Ambiental
- k) Incrementar la carpeta de Servicios ofertados por el CIERHI hacia el medio Externo ampliando la modelación física hidráulica complementada con criterios enfocados en parámetros de la calidad de agua y rangos de contaminación.
- l) Ofrecer a la comunidad técnica del país los resultados de la investigación que permitan mejorar los criterios de diseño de las estructuras de separación de caudales, aportando de esta manera a la optimización de los recursos invertidos por los municipios y organismos relacionados con la



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de obras hidráulicas y sanitarias para la descontaminación de los recursos hídricos. Se insiste que el buen funcionamiento hidráulico de este tipo de obras, no solamente garantiza la inversión del estado o de los organismos a su cargo, sino también asegura cumplir con la tendencia mundial en cuanto a minimizar las descargas de mayor contaminación a los cuerpos hídricos, lo cual se exige en toda legislación ambiental, es decir se minimizan los impactos ambientales y se mejora de esta manera la calidad de vida de los pobladores.

- m) Generar al menos dos tesis de pregrado en la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental y en el Programa de Maestría en Recursos Hídricos, referente a modelos físicos de separadores de caudales.



6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto

El presente proyecto de investigación busca implementar la modelación física y el análisis numérico de los parámetros de calidad de agua en forma simultánea, enfocados en una estructura hidráulica - sanitaria a fin de evaluar la efectiva separación de caudales, como un requisito indispensable para poblaciones con alcantarillados combinados, previo a la implementación de plantas de depuración de aguas residuales. El estudio experimental evalúa y verifica la eficiencia hidráulica de la separación de flujos en colectores de altas pendientes, propios de la zona andina y que han sido proyectados para su próxima construcción en una etapa inicial; mientras que los objetivos específicos corresponden al análisis de los resultados obtenidos con los que se identificarán los principales problemas hidráulicos y en función de los rangos de calidad de agua contaminada que se desean separar, se modificará la geometría original modelada, con el fin de optimizar a la estructura y garantizar un correcto funcionamiento hidráulico y el cumplimiento de las funciones sanitarias para las cuales está diseñada.

Colectores, interceptores y emisores son las partes del sistema de alcantarillado que por razones de economía deben funcionar a gravedad. Para la recolección final de las aguas residuales de una localidad, es necesario proyectar esta serie de ductos configurados de acuerdo a: la topografía del lugar, el trazo de las calles, el o los sitios de vertido, y a la ubicación de la o las plantas de tratamiento de aguas residuales. Para el vertido con una contaminación superior al límite, es requisito indispensable que el agua sea tratada, aunque la construcción de la planta de tratamiento se programe y realice posteriormente¹.

Actualmente, los sistemas de alcantarillado de las ciudades andinas del Ecuador descargan las aguas residuales sin tratamiento directamente en los ríos, lo que genera un grave impacto en la calidad de sus aguas, en el paisaje y en la flora y fauna de zonas aledañas. Debido a estos problemas de contaminación, el recurso hídrico no puede ser reaprovechado para ninguno de sus usos potenciales, como son: riego, recreación y generación eléctrica². Ante esta emergente situación, en Quito se planteó el Plan Maestro Integrado, cuyo objetivo principal es eliminar de manera sustentable y sostenible los riesgos de desastres naturales y ambientales que conlleva la contaminación hídrica, mediante la ejecución de proyectos a corto, mediano y largo plazo; para tales fines se tienen previstos realizar paulatinamente los estudios, diseños definitivos y construcción de distintas obras de ingeniería hidráulica y sanitaria; todo ello con el fin de dar cumplimiento a la norma ambiental vigente en el país, en la cual se enfatiza que las aguas residuales que no cumplan previamente a su vertido, con los parámetros de descarga establecidos, deberán ser depuradas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado; además que el proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en la Norma³.

En el caso particular de la zona andina del Ecuador, se debe tener en cuenta para el análisis teórico y numérico de los flujos en las estructuras hidráulico - sanitarias, que sus pendientes deben obligatoriamente adaptarse a la topografía del terreno, es decir que serán altas, lo cual implica un tipo de flujo en régimen veloz, torrencial o supercrítico, el cual es característico de los cursos naturales o artificiales de montaña o serranías, caracterizados por altas pendientes, pequeños calados (tirantes) y altas velocidades⁴. Por otro lado, para poder determinar la escala más adecuada de un modelo físico, se debe basar en la teoría de la semejanza o similitud dinámica hidráulica y su posterior calibración previa a la ejecución del plan finito de pruebas de funcionamiento. En el caso de flujo en superficie libre, para que se verifique la semejanza completa es necesario además de la semejanza geométrica, la igualdad de números de Reynolds y de números de Froude. Como ya se han impuesto la escala geométrica, el fluido a utilizar (agua en modelo y prototipo), y se trabaja en el campo gravitatorio terrestre, hay que recurrir además a la semejanza restringida, es decir la igualdad de números de Froude⁵.

El diseño de separadores proyectados según los informes técnicos y planos correspondientes⁶, se basó en las ecuaciones unidimensionales de la hidráulica básica y geoméricamente consiste en la apertura de orificios de sección rectangular en una cara lateral de los colectores combinados existentes (o en su defecto de los próximos a construirse), adicionalmente a la implementación de umbrales transversales aguas abajo de dichos orificios, los cuales tienen por objetivo la contención y desvío de los caudales sanitarios y combinados que no rebasen su cresta; para ello adoptaron la hipótesis que el flujo de aproximación es lento o subcrítico y por ende asumen que el flujo no rebasará su cresta aún con calados inferiores a su valor, lo cual en la realidad es improbable, puesto que el verdadero flujo es supercrítico y



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

su comportamiento frente a obstáculos frontales inclinados será el mismo que se observa en deflectores de energía, en los cuales debido a la alta velocidad del flujo, únicamente las líneas de corriente más cercanas cambian su dirección drásticamente, mientras que las demás siguen su curso recto y se requieren barreras físicas transversales de gran envergadura para lograrlo; se optimizará entonces al modelo mediante la implementación de un orificio de fondo a ser dimensionado en los colectores combinados, pues la sola presencia de orificios laterales de derivación no garantiza un desvío efectivo del caudal⁷.

Además, se tomará en cuenta que el flujo supercrítico, debido a sus características hidráulicas, implica un arrastre efectivo de sólidos (finos, gruesos, flotantes, suspendidos, sedimentables, disueltos), los cuales deberán ser derivados tan masivamente como sea posible hacia los colectores sanitarios rumbo a la planta de tratamiento, procurando evitar su escape hacia los colectores pluviales de descarga directa, para lo cual se implementarán barreras físicas primarias que cumplan tales funciones en el modelo. Ya que en los estudios originales no se realiza un análisis hidráulico - sanitario y matemático de los distintos posibles escenarios combinando las distintas gamas de caudales sanitarios y pluviales circulantes, ni se toman en cuenta los rangos de la calidad de agua que se esperan separar y conducir en cada uno de los dos tipos de colectores, se realizará un plan de pruebas en base a un balance de masas de carga orgánica que parte de los valores típicos de contaminación de aguas residuales en grandes urbes (200 – 300 mg/L medidos como DBO) y los límites de vertido que se desean alcanzar en los emisores pluviales (equiparando lo logrado en un tratamiento secundario de depuración con una remoción promedio del 87.5% de contaminantes medidos como DBO, obteniéndose emisiones con 30 mg/L, que equivalen al límite mencionado)⁸. Las fases de la investigación previstas son las siguientes:

- (i) Recopilación de la información disponible sobre el diseño de los separadores de caudales.
- (ii) Visita técnica al sitio donde será ejecutado el proyecto (Sector Caupicho al sur de Quito).
- (iii) Definición del tipo de modelo físico, escala, rangos de caudales de operación.
- (iv) Diseño y construcción del modelo físico.
- (v) Calibración del modelo físico e Implementación de instrumentación.
- (vi) Desarrollo del plan de pruebas en el modelo original, en base a los distintos caudales y sus calidades.
- (vii) Análisis de resultados tanto de simulación física hidráulica, como de balance de masas.
- (viii) Planteamiento de modificaciones geométricas para la optimización de la estructura.
- (ix) Verificación y validación de la geometría optimizada, tanto en modelo físico en el aspecto hidráulico, como en los resultados numéricos en el aspecto sanitario.
- (x) Elaboración de informes, tesis y artículos técnicos.

La metodología propuesta para la investigación combina la modelación física con el cálculo numérico de parámetros sanitarios – ambientales de calidad de agua, para el análisis y optimización del funcionamiento hidráulico de la estructura de separación de caudales. Al implementar la estructura optimizada, el conjunto de sistemas de depuración que paulatinamente se irán proyectando y ejecutando tendrán como punto de partida flujos óptimos en calidad y cantidad que garanticen su adecuado funcionamiento, justificando de ésta manera las fuertes inversiones que se realizarán en las próximas décadas para lograr los objetivos de los programas de descontaminación de ríos que han empezado.

¹ Jiménez Terán, J. (2012) “Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario”, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

² Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito. (2013). “Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ - Resumen Ejecutivo”, Quito, Ecuador.

³ Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). “TULSMA - TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE”. Libro VI, Anexo I, Ecuador.

⁴ Pérez Farrás, L. (2013). “Hidráulica General y Aplicada a La Ingeniería Sanitaria”, Departamento de Hidráulica, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

⁵ Almandoz Berrondo, J. (2010). “Problemas de Hidráulica e Hidrología”, Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos, Escuela Universitaria Politécnica de Donostia – San Sebastián, España.

⁶ EPMAPS. (2012). “Estudios, Diseños Definitivos, Memorias Técnica y de Cálculo de los Sistemas de Alcantarillado de los Interceptores en el Río Machángara”. Quito, Ecuador.

⁷ Chanson, H., (2015), “Energy Dissipation in Hydraulic Structures”, International Association for Hydro-environment engineering and research. IAHR Monograph.

⁸ CENTA Centro de las Nuevas Tecnologías del agua (2010), “Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas”, Secretariado Alianza por el Agua, San Salvador, El Salvador.



6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)

- Para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto se sugiere considerar el tiempo para la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
Recopilación de la información disponible sobre el diseño de los separadores de caudales	10						10
Construcción del Modelo Físico, puesta a punto del laboratorio de Hidráulica, calibración del modelo físico e instrumentación	5	15					20
Desarrollo del plan de pruebas en el modelo original, en base a los distintos caudales y sus calidades		10	10				20
Análisis de resultados de la simulación física hidráulica, como de balance de masas de calidad			15				15
Planteamiento de modificaciones geométricas para la optimización de la estructura y pruebas				5	15		20
Elaboración de informes y resultados de la investigación					5	10	15

100%

7 Fechas de inicio y fin

Debido a la disponibilidad del Centro de Investigaciones y Estudios en Recursos Hídricos del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, la fecha de inicio de la investigación será a inicios del mes de Diciembre del 2016, hasta el mes de Mayo del 2017.

8 Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

<i>Proyecto</i>	<i>Director</i>	<i>Colaboradores</i>
<i>PIMI</i>	<i>20 HSS</i>	<i>10 HSS</i>

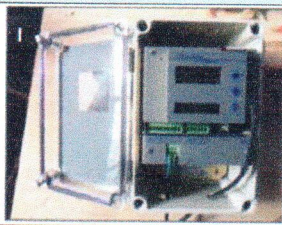
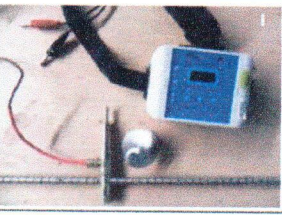


Adicionalmente se contará con la participación del Dr. Raúl Lopardo del Instituto Nacional del Agua de Argentina y de la Universidad Nacional de la Plata y de la Ing. Cecilia Lopardo de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) quienes aportarán con su conocimiento y experiencia en el área de la modelación hidráulica y sanitaria.

8.2 Infraestructura y equipos

La Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, y específicamente el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental poseen el Centro de Investigaciones y Estudios en Recursos Hídricos (CIERHI) que dispone de la infraestructura necesaria y adecuada para la realización de estudios en modelos físicos.

El centro cuenta con una nave principal de ensayos de 520 m², oficinas talleres, sistemas de bombeo y de recirculación del flujo hacia y desde los modelos físicos, equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos de medición. Además, se cuenta con una nueva nave con capacidad del CIERHI de 800 l/s para lo cual consta de 4 bombas cuya capacidad es de 200 l/s cada una, un canal de recirculación y un tanque de carga de 12 metros de altura, el área total cubierta del laboratorio es de 1080 m².

Los equipos disponibles para la presente investigación son los siguientes:

PARÁMETROS FÍSICOS	INSTRUMENTACIÓN	PRECISIÓN	ESQUEMA DE LA INSTRUMENTACIÓN
Profundidades de agua	- Limnímetros con nonius de precisión - sondas de ultrasonido	0.1 mm	
Velocidad	- Medidores de ultrasonido para el perfil de velocidades - Micro molinete	5 mm/s	
Cargas de presión	- Tomas piezométricas y tubos piezométricos - Sondas de medición de presión relativa	0.1 mm	
Caudal	- Calibración volumétrica - Vertederos triangulares y rectangulares	0.1 l/s 1% de la capacidad máxima	



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

8.3 Breve justificación del equipo requerido

Como se detalló en el alcance del proyecto, la modelación física de flujos en separadores de caudales requiere de algunos equipos especiales para la correcta modelación tridimensional de flujo y para la toma correcta de mediciones en laboratorio como caudales, calados y velocidades, por lo cual es indispensable el uso de equipos de medición mediante laser.

8.4 Fondos Adicionales

9

Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)

- Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.
- Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.
- En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos

Primer Año

Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>		
Subtotal	0.00	
2. Maquinaria y Equipos		
Subtotal	0.00	
3. Reactivos y materiales de laboratorio		
Subtotal	0.00	
4. Literatura especializada		
Subtotal	0.00	
5. Viajes técnicos y de muestreo		
Subtotal	0.00	
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones		
Subtotal	0.00	
TOTAL PRESUPUESTO	+ IVA	100



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

10	Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
	Quito, 25 de Noviembre del 2016 Nombre: Ing. Ximena Hidalgo B. MSc. CC: 1706337035	 Firma del Director

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto..... al que pertenece el Director del Proyecto , en Sesión del mediante Resolución No. y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.	
_____ JEFE DEL DEPARTAMENTO ING CIVIL Nombre: Dr. Ing Marcos Villacis CC:	_____ Lugar y fecha