



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**  
**“RECEPCIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN MULTI E**  
**INTERDISCIPLINARIOS 2014”**

**Campus Politécnico “José Rubén Orellana Ricaurte”**

**Número de Proyecto PIMI No.**  
**PIMI-14-09**

**Fecha: 20/06/2014**

**Hora: 11:05**

**Nombre del Proyecto:**

Análisis Hidrosedimentológico y Morfodinámico en el Río Coca. Caso de Estudios: Impactos Fluviales de Proyecto Coca- Codo Sinclair- PHCCS

**Director:**


Dra. Carolina Bernal

**Departamento:**

**Geología – Civil y Ambiental**

*Carolina Bernal*  
Firma de Entrega

*Maria Fernanda Velastegui*  
Firma de recepción  
**MARÍA FERNANDA VELASTEGUÍ**



# ANÁLISIS HIDROSEDIMENTOLÓGICO Y MORFODINÁMICO EN EL RÍO COCA. CASO DE ESTUDIO: IMPACTOS FLUVIALES DEL PROYECTO COCA CODO SINCLAIR – PHCCS

Dra. Carolina Bernal  
Dr. Remigio Galárraga  
Quito - 2014



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

Quito a. 20 JUN. 2014

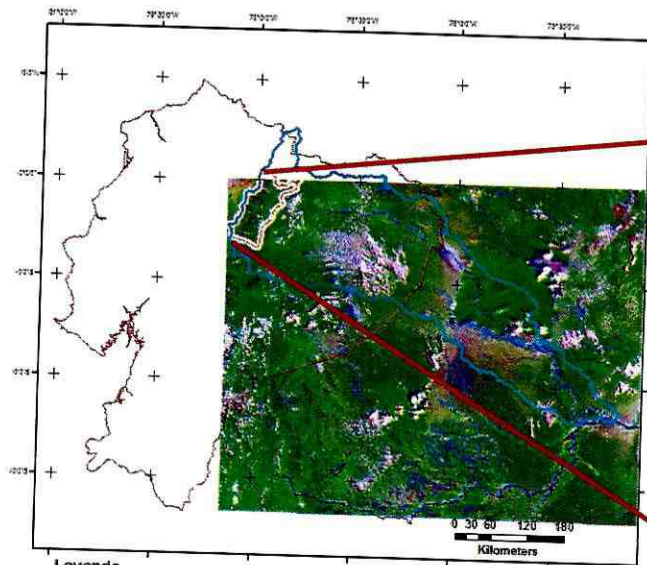
HORA

11:10

*Maria F. Veloz*

SECRETARIA

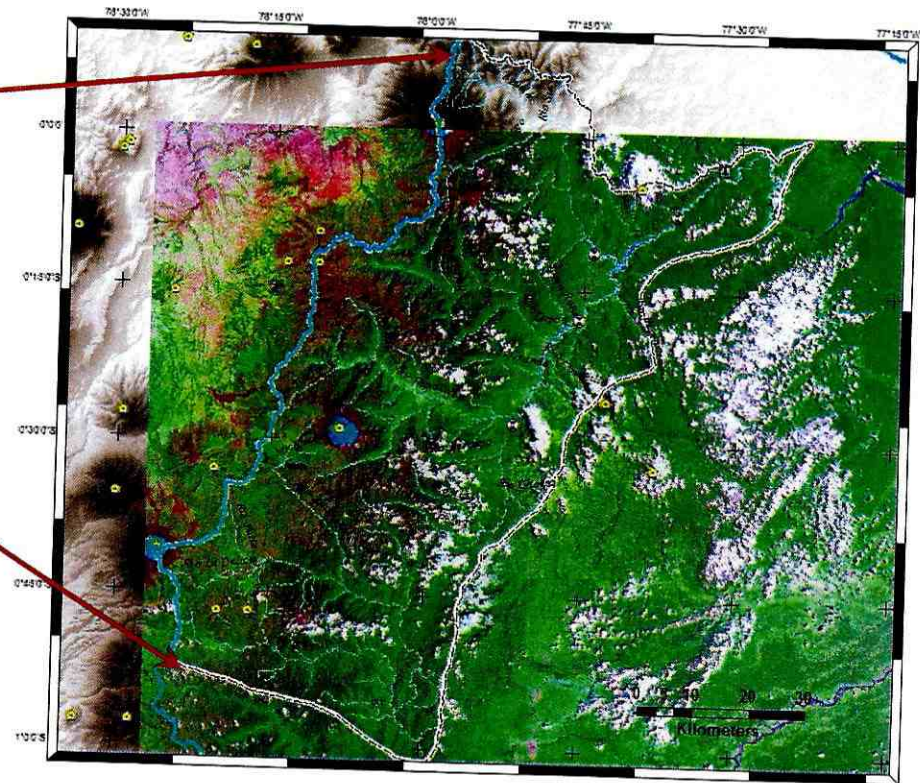
## UBICACIÓN DEL PROYECTO



### Leyenda

- río MARAÑÓN
- ▭ Napo BV
- ▭ parte alta Coca

## ANÁLISIS HIDROSEDIMENTOLÓGICO Y MORFODINÁMICO EN RÍO COCA. CASO DE ESTUDIO: IMPACTOS FLUVIALES DEL PROYECTO COCA CODO SINCLAIR - PHCCS



### Leyenda

- ☒ estaciones meteorológicas
- ☒ estaciones hidrológicas
- ríos
- ▭ Napo BV
- ▭ parte alta Coca

EL





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos):

Área del proyecto: Ciencias Básicas

Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Ingeniería en Geología y Petróleos y Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

DEPARTAMENTO: Departamento de Geología y Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

(verificable en el SAEW)

GEOMORFOLOGIA

SEDIMENTACION

GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS,

GESTIÓN DE RIESGOS HIDROGEODINÁMICOS

MODELACIÓN FÍSICA DE FENÓMENOS HIDRÁULICOS

MODELACIÓN NUMÉRICA DE FENÓMENOS HIDRÁULICOS

**1 Proyecto de Investigación**

Título:

**“ANÁLISIS HIDROSEDIMENTOLOGICO Y MORFODINÁMICO EN EL RÍO COCA. CASO DE ESTUDIO: IMPACTOS FLUVIALES DEL PROYECTO COCA CODO SINCLAIR – PHCCS”**

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El Gobierno Ecuatoriano construye el Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (PHCCS) en la Cuenca del Río Coca (Cuenca Alta del Río Napo). Dicha obra tendrá efectos en las variables que controlan la morfología de un río, por lo que la presencia del PHCCS plantea retos importantes en la gestión de la cuenca a fin de preservar la misma estructura del proyecto en cuestión y las otras obras de infraestructuras presentes en los tramos del río adyacentes a las obras. El objetivo de este proyecto es evaluar la influencia de la presencia de grandes obras hidráulicas en la morfología de los cauces debido al cambio temporal de la hidrosedimentología de los ríos donde se localizan obras hidráulicas, con especial énfasis en el Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. Esta evaluación se realizará mediante la interpretación conjunta de: a) análisis de datos morfológicos e hidrosedimentológicos, b) análisis temporal de fotografías aéreas y de imágenes satelitales de la zona del proyecto; y c) aplicación de modelos matemáticos de simulación de los procesos de lluvia, escorrentía, erosión, transporte y deposición de sedimentos en la cuenca y en el cauce del río.

Palabras clave (3-5):

Grandes ríos, efectos antrópicos, morfología, hidrosedimentología,



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**4 | Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	<p>- <b>Objetivos</b></p> <p>- <b>Objetivo general:</b> Evaluar la influencia de la presencia de grandes obras hidráulicas en la hidrosedimentología y geomorfología de grandes ríos donde se localizan las mismas, con especial énfasis en las obras del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (PHCCS).</p> <p>- <b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Levantar, procesar, y analizar información cartográfica, meteorológica, hidrológica, sedimentológica, morfológica y de imágenes satelitales de acceso público.</li><li>2. Caracterizar la cuenca hidrográfica desde el punto de vista de transporte de sedimentos y su morfología donde estará asentado el proyecto antes y durante la implementación de las obras del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair.</li><li>3. Modelar los procesos hidrológicos y sedimentológicos de la cuenca de influencia del PHCCS para comparar sus resultados con los valores observados.</li><li>4. Evaluar el impacto de la construcción de la obra en la morfología del cauce del río.</li></ol> <p>- <b>Hipótesis</b> La construcción de las obras hidráulicas de la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair (CHCCS) afecta el comportamiento de las variables hidrológicas y de transporte de sedimentos que controlan la morfología del río.</p> <p>- <b>Resultados esperados</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Registro multi temporal de los parámetros morfológicos analizados para el Río Napo, antes de la implementación de las obras del PHCCS</li><li>2. Registro espacio temporal de los parámetros hidrosedimentológicos.</li><li>3. Implementación y aplicación de un modelo matemático de la hidráulica y del transporte de sedimentos (tanto en suspensión como de fondo) en el río, para simular la respuesta fluvial aguas abajo y aguas arriba del sitio de derivación del agua hacia la central hidroeléctrica.</li><li>4. Correlación entre las variaciones espacio temporales de los parámetros geomorfológicos con la variación de los parámetros hidrosedimentológicos y análisis de la influencia antrópica por la construcción de las obras.</li></ol> <p>- <b>Potenciales Usuarios</b></p> <p>SENAGUA: como autoridad única del Agua en Ecuador, estaría interesada en el conocimiento de la respuesta geomorfológica e hidrosedimentológica del Río Napo a la degradación antrópica y la presencia de la CHCCS de dicha Cuenca, a fin de delinear las estrategias de gestión integral de la Cuenca Hidrográfica necesaria para la zona.</p> <p>SNGR: como autoridad nacional en la gestión de los Riesgos, es primordial conocer las repercusiones de la afectación antrópica en el comportamiento geohidrodinámico del río y que inciden directamente en los riesgos por inundaciones, erosión y deslizamientos entre otros.</p> <p>HIDROELECTRICA COCA CODO SINCLAIR: una correcta operación de la CHCCS necesita trabajar el tema hidrosedimentológico y geomorfológico del Río Napo a fin de ampliar la vida útil del proyecto y preservar la integridad de las obras de infraestructura presentes en el tramo inferior del Río.</p>
5	<b>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</b>





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE**  
**INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Las líneas de investigación del DICA y DGP, mencionadas previamente, plantean como una prioridad científica en los departamentos, el estudio de: los recursos hídricos, el análisis de riesgos hidrogeodinámicos, la calidad del agua para la generación hidroeléctrica, así como las condiciones hidráulicas y geomorfológicas de los cauces aguas abajo y aguas arriba de las grandes obras de infraestructura. En el caso específico del PHCCS, la calidad de agua requiere una especial atención debido a que esta puede contener grandes concentraciones de sedimentos tanto en suspensión como de arrastre de fondo y perjudicar el funcionamiento de las turbinas y de la vida misma de las estructuras hidráulicas. En este contexto, es necesario realizar la cuantificación de las tasas de transporte de sedimentos -tanto en suspensión como de fondo- mediante el monitoreo continuo de los caudales líquidos y sólidos, conjuntamente con la modelación de transporte de sedimentos y del análisis del cambio morfológico que se ha producido en los cauces que alimentan el sistema hidrográfico, proporcionando un conocimiento básico para el manejo de las cuencas hidrográficas aportantes a grandes proyectos hidráulicos construidos en grandes ríos o zonas con grandes aporte de sedimentos.

6	<b>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</b>
---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



**- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)**

Existen evidencias que no solo el cambio climático, exacerbado en las últimas décadas, es el causante de los desastres naturales en los últimos inviernos; estudios (Restrepo et al., 2005; Coe et al., 2011) indican que los principales causantes de deslizamientos e inundaciones en los países tropicales son la deforestación y la degradación de los ecosistemas. El Ecuador, en particular, se caracteriza por presentar las mayores tasas de Sud América en densidad demográfica y deforestación, esto ha generado una sobre-presión sobre los recursos naturales, en especial el agua. Adicionalmente, si consideramos que estudios científicos (Scheuerlein, 1995; Brandt, 2000, Surian et al, 2003, Knox, 2007, Schmidt, 2007 Schumm, 2007) han demostrado que la implantación de una represa altera sustancialmente las variables que controlan la morfología de un río, entonces la presencia del PHCCS plantea retos importantes en la gestión de la cuenca a fin de preservar la misma estructura del proyecto en cuestión y las otras obras de infraestructuras presentes en los tramos del río adyacentes a las obras.

El proyecto está sustentado en la participación de dos profesores a tiempo completo de la EPN (del DICA y del DGP) en las dos áreas críticas del proyecto que son:

1. Modelación hidrológica y de transporte de sedimentos de la cuenca mediante el uso de imágenes satelitales y datos hidrológicos de campo, y
2. Caracterización geomorfológica con información de campo, cartográfica y proveniente del procesamiento de imágenes satelitales.

A fin de dar continuidad al proyecto y para cumplir con los objetivos de investigación en la EPN, se ha considerado la inclusión de dos estudiantes de maestría de ingeniería de los recursos hídricos, en dos periodos semestrales, y de esa forma garantizar la calidad científica e investigativa del estudio. El perfil de los maestrantes es de uno en el área de hidrología y modelación del proceso precipitación escorrentía, y otro en el área de transporte de sedimentos. Ambos con conocimientos de sistemas de información geográfica y procesamiento de imágenes satelitales y fotografía aérea.

Para las actividades de modelación matemática y uso de nuevas tecnologías de medición hidrológica en ríos se ha pensado en conseguir la asesoría de dos consultores externos, los cuales pudieran participar a través del programa Prometeo. Uno de ellos es especialista en hidráulica fluvial, con amplia experiencia en el modelaje en ríos, y el otro en hidrología, con amplia experiencia en instrumentación y mediciones en grandes ríos.

**- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)**

1. Esta investigación se enmarca dentro del estudio de la Dinámica Fluvial de grandes ríos para lo cual se analizará conjuntamente los datos geomorfológicos como hidrosedimentológicos del Río Napo, tanto aguas abajo como aguas arriba de la implantación de las obras del proyecto Coca Codo Sinclair.

2. El análisis geomorfológico se basará en la utilización de modelos digitales de elevación, secuencias temporales de imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas topográficos (actuales y antiguos) y datos obtenidos en terreno. La información satelital fundamental para realizar esta investigación tendrá como base las imágenes satelitales MODIS, SPOT, LANDSAT, ASTER y RADAR que permitirán evaluar las variaciones morfológicas y de sedimentos en suspensión en el río en un período de tiempo a ser definido por la disponibilidad de estas imágenes. Esta metodología ya ha sido utilizada en trabajos anteriores: Bernal, et al, 2012, Laraque, 2009, Jensen, 2000; Valeriano, 2006; Longley et al. 2001; Bourrel, et al., 2007.

3. El análisis hidrosedimentológico se basará en el estudio de variables climáticas e hidrosedimentológicas, así como a la modelación hidrológica de las cuencas hidrográficas de la zona de influencia del proyecto CCS correspondientes al periodo de registro de las imágenes satelitales. Los datos se obtendrán en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, principalmente. Su procesamiento estadístico permitirá obtener las series temporales base para el análisis de correlación entre las variables hidro climatológicas y las variaciones geomorfológicas. Estas variables así mismo serán usadas para construir el modelo matemático de fondo móvil que simule la respuesta del río aguas debajo de la construcción de la presa. Se plantea utilizar el modelo matemático “HEC-RAS” o similar para simular el flujo no-permanente, el transporte de sedimentos y los procesos de erosión y sedimentación en el lecho del río Coca.

**Justificación de Equipo.** El DICA mantiene operativo el Laboratorio de Aerofotogrametría y Sensores Remotos (LAFSER), el cual cuenta con dos servidores de almacenamiento y procesamiento, junto con 8 computadoras que accedan a éstos. Para este proyecto, se requiere actualizar los paquetes de procesamiento de fotografías aéreas e imágenes satelitales, así como los paquetes de bases de datos, y de backup.





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE**  
**INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Se recomienda que el proyecto, su metodología y diseño de la investigación, este sustentada en referencias bibliográficas actualizadas y que en el cronograma de ejecución del proyecto se considere el tiempo que toma la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Recopilación, procesamiento, y análisis de información meteorológica, hidrológica, sedimentológica existente (INAMHI, SINOHYDRO)	X	X	X	X	X	
Selección y tratamiento de Imágenes Satelitales	X	X	X	X	X	
Recopilación y adquisición de fotografías aéreas, mapas topográficos	X	X				
Análisis de sedimentos mediante el análisis de Imágenes Satelitales			X	X	X	X
Determinación de parámetros morfológicos del Río Napo en Imágenes Satelitales, y en el Modelo Digital de Terreno			X	X	X	X
Determinación de parámetros morfológicos del Río Napo de fotografías aéreas y mapas topográficos,			X	X		
Determinación de parámetros morfológicos del Río Napo en campo			X	X	X	X
Recolección de información de campo y tratamiento de datos hidrológicos y sedimentológicos (a nivel diario y mensual)	X	X	X	X	X	X
Reporte año 1						X

Año 2

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Análisis de sedimentos mediante análisis de Imágenes Satelitales	X	X	X			
Determinación de parámetros morfológico del Río Napo en Imágenes Satelitales, y en el Modelo Digital de Terreno	X	X	X			
Determinación de parámetros morfológico del Río Napo en campo	X	X				
Recolección de información de campo y tratamiento de datos hidro sedimentológicos (a nivel diario y mensual)	X	X	X	X	X	X
Balance de Sedimentos para el Río Napo				X	X	X
Implementación y Calibración de Modelo Matemático de Fondo Móvil para el Río Napo	X	X	X	X		
Aplicación del Modelo Matemático para análisis de diferentes escenarios				X	X	X
Reporte final del proyecto					X	X

- Justificación del equipo requerido



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**





	<b>Fecha de inicio</b> (Indique cuando iniciaría este proyecto de investigación) 1 DE SEPTIEMBRE DE 2014
<b>8</b>	<b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. (Máximo 200 horas por semestre para el Director y 100 horas por semestre para los docentes colaboradores) Dra. Carolina Bernal: 200, Dr. Remigio Galarraga: 200, Maestrante 1: t/c, Maestrante 2: t/c.</li> <li>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto: Laboratorio Laboratorio de Aerofotogrametría y Sensores Remotos – LAFSER del DICA, Oficina</li> <li>- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere) Ninguno</li> </ul>

<b>9</b>	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b>	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <u>estén sustentados con proformas actuales:</u>	
	<b><u>Año 1</u></b>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	<b>Cantidad solicitada (US \$)</b>
	1. Contratación de maestrante	1 Ingeniero contratado por 8 meses
	<b>Subtotal</b>	<b>8000</b>
	2. Contratación de pasante	Estudiante contratado por 8 meses
	<b>Subtotal</b>	<b>4000</b>
	3. Equipos	Actualización de SIGs y programas de procesamiento de imágenes satelitales y de fotos aéreas
	<b>Subtotal</b>	<b>11178</b>
	4. Reactivos y materiales de laboratorio	Adquisición fotos aéreas
		3480
		Análisis de sólidos en suspensión
		2822
	<b>Subtotal</b>	<b>6302</b>
	5. Literatura especializada	Suscripción en revistas
	<b>Subtotal</b>	<b>3000</b>
	6. Viajes técnicos y de muestreo	Movilización zona del proyecto
	<b>Subtotal</b>	<b>5520</b>
	7. Presentación de ponencias en congresos internacionales	Presentación de resultados Internacionalmente
	<b>Subtotal</b>	<b>2000</b>
	<b>TOTAL AÑO 1</b>	<b>40.000,00 SIN IVA</b>
	(Proyectos Semilla hasta US\$ 10.000,00 más IVA) (Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	
	<b><u>Año 2</u></b>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	<b>Cantidad solicitada (US \$)</b>



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



8. Contratación de maestrante	1 Ingeniero contratados por 12 meses
<b>Subtotal</b>	<b>12000</b>
9. Contratación de pasantes	
<b>Subtotal</b>	
10. Equipos	Actualización de SIGs y programas de procesamiento de imágenes satelitales y de fotos aéreas
<b>Subtotal</b>	<b>14000</b>
11. Reactivos y materiales de laboratorio	
<b>Subtotal</b>	
12. Literatura especializada	Suscripción en revistas
<b>Subtotal</b>	<b>2000</b>
13. Viajes técnicos y de muestreo	Movilización zona del proyecto
<b>Subtotal</b>	<b>5520</b>
14. Presentación de ponencias en congresos internacionales	Presentación de resultados
<b>Subtotal</b>	<b>4000</b>
<b>TOTAL AÑO 2</b>	
(Proyectos Inter y Multidisciplinarios US\$ 40.000,00 más IVA)	
<b>TOTAL</b>	<b>37.520,00 SIN IVA</b>
<b>10</b>	
 Nombre: Isabel Carolina Bernal Carrera CC: 1712429859	
<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento <u>GEOLÓGIA</u>..., en Sesión del...<u>19.06.2014</u>... mediante Resolución No. <u>51/A</u>... 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.</p>	
 JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Pablo Duque CC:	_Quito, 20 de Junio de 2014_ (lugar y fecha)