

**SEGUIMIENTO A LAS OBRAS DE CONTROL Y DE CONEXIÓN ENTRE
EL RÍO SOGAMOSO Y LA CIÉNAGA EL LLANITO**

LUIS GUILLERMO BARRERA BARRIOS.

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA ESCUELA
DE INGENIERÍAS FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL FLORIDABLANCA
2015**

**SEGUIMIENTO A LAS OBRAS DE CONTROL Y DE CONEXIÓN ENTRE
EL RÍO SOGAMOSO Y LA CIÉNAGA EL LLANITO**

LUIS GUILLERMO BARRERA BARRIOS

***Práctica Empresarial como requisito para optar
al título de Ingeniero Civil***

***Director: KATERINA
CERNOCHOVA MSc.
Ingeniera Civil***

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA ESCUELA
DE INGENIERÍAS FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL FLORIDABLANCA
2015**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Enero de 2015.

Dedico este trabajo a Cielo Del Ducca,
Edgardo Barrios, Maria Alejandra Barrera,
Yolanda Barrios (QEPD) y a mis padres por su
incondicional apoyo y los muchos sacrificios
que hicieron para que yo pudiera estudiar
ingeniería civil. Indudablemente sin ustedes
nada de esto hubiera sido posible.

Luis Guillermo Barrera Barrios.

AGRADECIMIENTOS

En el desarrollo y conclusión de ésta actividad práctica y del mismo modo en el dinamismo de la academia, se hace imprescindible agradecer a aquellos quienes lo hicieron posible.

Admiración por el esfuerzo y dedicación de quienes decidieron apoyar la meta que tuve trazada, Roberto Barrera Rincón y Leticia Barrios Del Ducca. Mis padres. A quienes secundaron este propósito y sueño; Cielo Del Ducca de Barrios, Yolanda Barrios D. Edgardo Barrios D, Jackeline Barrios D. y María Alejandra Barrera. Mi familia. Como también a aquellos que dedican su vida a transmitir el conocimiento y a educar profesionales de obra honesta y ética.

Por la paciencia y el tiempo que dedicó a la revisión de los informes gracias Ing. Katerina Cernochova, sin usted no lo hubiera logrado.

A la paciencia, el tiempo y el invaluable aprendizaje que lo convirtió para mí en maestro; gracias, Ing. Jaime Rodriguez es usted un ejemplo de lo que debe ser no solo un profesional sino también un ser humano.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, alma máter que trabaja en procura de la investigación y la educación a futuros profesionales; de la cual me siento orgulloso de ser parte. Y por último, a la empresa ISAGEN S.A E.S.P y sus integrantes, quienes no sólo conforman una empresa sino una prole en busca del bienestar colectivo de una nación.

El logro y compensación será no sólo de una persona exitosa, sino que además la de un gran ser humano. Gracias a ustedes, por hacerme ingeniero civil.

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO	iv
GENERAL ABSTRACT OF DEGREE WORK.....	v
1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	10
5. EMPRESA	12
6. MARCO TEORICO	16
7. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO.....	26
8. APORTES AL CONOCIMIENTO	41
9. CONCLUSIONES	42
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comercialización de energía ISAGEN S.A E.S.P	13
Figura 2: Organigrama ISAGEN S.A E.S.P. Proyecto Sogamoso	14
Figura 3: Mapa orgánico de procesos ISAGEN S.A E.S.P	15
Figura 4: Llenado geobolsas.....	18
Figura 5: Acopio geobolsas.....	18
Figura 6: Distribución rayos de luz de los transducers.....	22
Figura 7: Llegada containers destinados a oficinas	28
Figura 8: Llegada maquinaria pesada (minicargadores).....	28
Figura 9 pruebas de llenado geoestructuras.....	29
Figura 10: futura ubicación geoestructuras.....	29
Figura 11:Abscisas: K0+160/140	30
Figura 12: Abscisas:K0+160/120; 2° nivel: K0+130/150	30
Figura 13: Abscisas: K0+020/160; 2° nivel: K0+130/150.....	30
Figura 14: Abscisas: K0+000/180; 2° nivel: K0+130/150	30
Figura 15: Abscisas: K0+000/K0+260; 2° nivel: K0+130/150-K0+206/23630	
Figura 16: Abscisas: K0+000/300; 2° nivel: K0+130/150-K0+206/236	30
Figura 17: Abscisas: K0+000/320; 2° nivel: K0+130/150-K0+206/236.	
Rompimiento del dique de protección.....	31
Figura 18: Abscisas: K0+000/320. Maquinaria y equipos trasladados al frente de Bocatoma.....	31
Figura 19: Abscisas: K0+320/340. Reinician las actividades de excavación y llenado de geoestructuras.....	31
Figura 20: Abscisas: K0+340/360	31
Figura 21: Abscisas: K0+360/380	31
Figura 22: Futura ubicación estructura de entrada y control	32
Figura 23: Futura ubicación estructura de entrada y control	32
Figura 24:Futura ubicación estructura de entrada y control.....	32
Figura 25:Futura ubicación estructura de entrada y control.....	32
Figura 26:Rocería ubicación estructura de entrada y control.....	32
Figura 27:Rocería estructura de entrada y control.....	32
Figura 28:excavación estructura de entrada y control.	33
Figura 29:excavación estructura de entrada y control	33
Figura 30:excavación estructura de entrada y control	33
Figura 31:geobolsas instaladas en la estructura de control.	33
Figura 32:instalación geobolsas en el fondo de la estructura de entrada y control.	33
Figura 33: ubicación de tubería metálica de la estructura de control	33
Figura 34:extensión del flexocreto	34
Figura 35: flexocreto en proceso de curado.....	34
Figura 36: tubería y cámara de compuertas, estructura de control.....	34
Figura 37: estructura de entrada y control	34

Figura 38: Rocería canal de conexión	35
Figura 39: Inventario forestal canal de conexión.....	35
Figura 40: Futuro lugar de paso del canal de conexión	35
Figura 41: futura ubicación del canal de conexión	35
Figura 42: excavación canal de conexión	35
Figura 43: Abcisa K0+600	35
Figura 44: Abcisa K1+500	36
Figura 45: Abcisa K2+070	36
Figura 46: Abcisa: K2+460	36
Figura 47: Abcisa K3+060	36
Figura 48: El contrato fue suspendido.	36
Figura 49: Jarillón con regeneración vegetal	36
Figura 50: Abcisa: K4+200 último punto demarcado por la topografía ..	37



RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: Seguimiento A Las Obras De Control Y De Conexión Entre El Río Sogamoso Y La Ciénaga El Llanito

AUTOR(ES): Luis Guillermo Barrera Barrios

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Katerina Cernochova

RESUMEN

El trabajo de grado que se presenta a continuación, contiene las actividades desarrolladas por el practicante durante un periodo de seis meses, en la empresa ISAGEN S.A E.S.P, relacionadas con el Proyecto “Obras de conexión y control entre el río Sogamoso y la ciénaga El Llanito”, en razón de apoyar el seguimiento de las obras desarrolladas, en procura de obtener resultados óptimos por parte del administrador delegado y a su vez de los subcontratistas.

En este trabajo además se incluyen las actividades adicionales ejecutadas y que influyeron de manera directa en la formación profesional del practicante, como el seguimiento a información hidrométrica y aforos de caudal en el río Sogamoso.

PALABRAS CLAVES:

ISAGEN, conexión, ciénaga El Llanito, río Sogamoso, práctica profesional, practicante, seguimiento de obra.



GENERAL ABSTRACT OF DEGREE WORK

TITLE: Track A The Works Of
Control And Connection
Between The Sogamoso River
And The Swamp the Llanito

AUTHOR(S): Luis Guillermo Barrera Barrios

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Katerina Cernochova

ABSTRACT

The work presented below contains the activities developed by the intern for a period of six months, in the company ISAGEN S.A E.S.P, related to the "Obras de conexión y control entre el río Sogamoso y la ciénaga El Llanito" project, in order to support the follow up of the developed work. In pursuit to get the best outcome by the manager delegated as the subcontractors.

In this written work are also included additional activities executed and that had a direct influence in the intern professional formation, as the following to the hydrometric information and the flow capacity of the Sogamoso river.

KEYWORDS:

ISAGEN, conection, ciénaga El Llanito, Sogamoso river, profesional internship, intern, work following.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa en su continuo crecimiento y en busca de suplir la demanda energética nacional, desarrolla estudios y formula proyectos para la construcción de nuevas centrales de generación. En el marco del desarrollo de estos proyectos, se presentan impactos ambientales, de magnitudes variables, ineludibles pero mitigables. En atención a estos impactos, se identificaron futuras afectaciones en la ciénaga El Llanito, es así como empieza la formulación y desarrollo de este proyecto de mitigación del impacto ambiental.

La Ciénaga El Llanito está ubicada en el departamento de Santander al norte del municipio de Barrancabermeja, y al occidente de la vía que comunica a Barrancabermeja con Puerto Wilches. Con temperatura variable entre los 20°C a los 40°C y muy rica en diversidad de flora y fauna.

En los registros ambientales está consignado que este ha sido un lugar para el desarrollo de diferentes especies de peces, en este lugar se alimentan de larvas, insectos y otros nutrientes que son llevados por la corriente del río Sogamoso. Estos peces tienen ciclos de reproducción muy específicos en las diferentes épocas del año, tiempo en el cual nadan contra la corriente hasta un lugar de desove ubicado aproximadamente a 10 km aguas arriba del punto de embalse. La población de la zona, tiene como actividad económica principal, la pesca de estos animales para su posterior comercialización en los mercados locales o en Barrancabermeja en donde el crecimiento económico brinda un espacio importante a los pescadores.

Con la puesta en marcha del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, los regímenes de caudales, la morfología y la degradación del lecho del Río Sogamoso van a cambiar, ocasionando un descenso en el nivel de la Ciénaga El Llanito, poniendo en riesgo el hábitat de estos animales y la economía de la zona. Por esa razón y en su momento, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial hoy ANLA, ordenó a ISAGEN se tomaran todas las medidas necesarias para mitigar el impacto del proyecto en esta interacción Río-Ciénaga. De esa manera surgen cuatro alternativas de solución, cada una atendiendo el problema desde perspectivas diferentes. Estas alternativas son:

- Alternativa 1. Aumento de la capacidad de la ciénaga El Llanito.
- Alternativa 2. Colocación de una estructura que limite el caño San Silvestre y la ciénaga El Llanito.

- Alternativa 3. Colocación de una única estructura de control en el caño San Silvestre.
- Alternativa 4. Estructura en la entrega del caño San Silvestre en combinación con una bocatoma del río Sogamoso.

Las anteriores alternativas de solución debían cumplir con tres criterios muy específicos:

- Permitir el mantenimiento de condiciones hidrológicas similares a las actuales para el mantenimiento de la dinámica reproductiva de las especies ícticas migratorias.
- Regular las descargas de manera que permitan mantener en el río aguas abajo del sitio de presa caudales históricos promedio, en especial, durante las épocas de aguas bajas importantes para la etapa reproductiva de las especies ícticas migratorias.
- Regular las condiciones atípicas que genera la operación de la central en el ciclo hidrológico (especialmente durante la temporada de aguas bajas) en el sistema río Sogamoso - ciénaga El Llanito.

En su momento las alternativas fueron estudiadas y analizadas mediante modelos virtuales, finalmente se eligió la Alternativa 4 por cumplir satisfactoriamente con los tres criterios técnicos-ambientales exigidos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Realizar la práctica universitaria, aplicando los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos en el proceso de formación educativa, como instrumento para participar y obtener el saber práctico durante el desarrollo de la ejecución de las obras del proyecto conexión Río Sogamoso - Ciénaga El Llanito

2.2. Objetivos Específicos.

- Analizar el comportamiento de los regímenes de caudales en el río Sogamoso antes y después de la puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico Sogamoso.
- Analizar el comportamiento de los niveles en la Ciénaga El Llanito antes y después de la puesta en marcha del proyecto hidroeléctrico Sogamoso.
- Hacer seguimiento durante el desarrollo de la ejecución de las obras, mediante recorridos periódicos a los frentes de obra.
- Realizar informes quincenales de avance de obra del canal de conexión Río Sogamoso- Ciénaga El Llanito.

3. JUSTIFICACIÓN

Para ISAGEN S.A E.S.P es una empresa que cree en el desarrollo humano sostenible, no sólo se interesan por la producción ágil y permanente de sus productos, sino también por garantizar bienestar para las personas en las zonas de influencia de los proyectos. En esa búsqueda de equilibrio han evidenciado que una de las mejores formas de mantener sus ideales y principios a lo largo del tiempo, es la vinculación de estudiantes en práctica.

Para los practicantes es una oportunidad significativa pues los proyectos en fase de ejecución y en fase de producción que tiene esta empresa son de gran magnitud, dinámicos y con muchos retos, apropiados para aquellos que siempre quieren aprender. A cambio de esa calidad y cantidad de conocimiento práctico, los estudiantes en práctica inconscientemente serán los encargados de llevar esas buenas formas laborales y humanas a donde sea que el desarrollo de su vida profesional los lleve.

Con este tipo de experiencia y con todos los retos que esta trae, se espera que el practicante aplique y perfeccione diversos conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo de estudio de su carrera profesional y evidencie en campo situaciones que en las aulas difícilmente se podrían dar.

4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Cronograma programado:

Actividad	Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar de información del proyecto																	
Realizar anteproyecto																	
Presentar anteproyecto																	
Seguimiento información hidrométrica																	
Visita al sitio de obra																	
Actualización del archivo fotográfico																	
Informe de avance mensual de las obras																	

Actividad	Mes	Noviembre				Diciembre				Enero			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar de información del proyecto													
Realizar anteproyecto													
Presentar anteproyecto													
Seguimiento información hidrométrica													
Visita al sitio de obra													
Actualización del archivo fotográfico													
Informe de avance mensual de las obras													

Cronograma Ejecutado:

Actividad	Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar de información del proyecto																	
Realizar anteproyecto																	
Presentar anteproyecto																	
Seguimiento información hidrométrica																	
Visita al sitio de obra																	
Actualización del archivo fotográfico																	
Informe de avance quincenal de las obras																	
Informe de avance mensual de las obras																	

Actividad	Mes	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Puesta en marcha PTAP La Cabezona																	
Aforos de caudal sección puente la paz																	

Actividad	Mes	Noviembre				Diciembre				Enero			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilar de información del proyecto													
Realizar anteproyecto													
Presentar anteproyecto													
Seguimiento información hidrométrica													
Visita al sitio de obra													
Actualización del archivo fotográfico													
Informe de avance quincenal de las obras													
Informe de avance mensual de las obras													
Puesta en marcha PTAP La Cabezona													
Aforos de caudal sección puente la paz													

5. EMPRESA

5.1. Reseña Histórica

A principios de los años noventa, el país vivió una época de crisis energética, conocida como el “apagón”, para atender esta situación crítica el gobierno nacional debió realizar profundas reformas al sector eléctrico, dentro de las reformas que se dieron estuvo separar la generación y la transmisión de la energía eléctrica. “Por escritura pública No. 230 de la Notaría Única de Sabaneta, del 4 de abril de 1995, se protocolizó la escisión de la Sociedad ISA, lo que significa que, además de la continuación de ésta, se constituyó una nueva sociedad de servicios públicos mixta, anónima, de carácter comercial, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía: ISAGEN S.A. E.S.P”¹.

ISAGEN S.A. E.S.P es una empresa dedicada a la producción y comercialización de energía eléctrica, cuenta con seis centrales hidroeléctricas en producción (Jaguas, Calderas, San Carlos, Miel I, Amoyá y recientemente la central Sogamoso) con una capacidad instalada de 2732 megavatios (MW) y con una central termoeléctrica (Termocentro) con capacidad instalada de 300 megavatios (MW).

5.2. Misión

“ISAGEN desarrolla la capacidad de generación, produce y comercializa energía con el propósito de satisfacer las necesidades de sus clientes y crear valor empresarial. La gestión se desarrolla con ética, enfoque al cliente, sentido económico y responsabilidad social y ambiental.”

5.3. Visión

Propósito superior: Generamos energía inteligente y prosperidad para la sociedad.

Generamos energía eficiente que contribuya a la mitigación del cambio climático, manteniendo la competitividad de la empresa en la industria, utilizando redes colaborativas y prácticas coherentes con el desarrollo humano sostenible y generando valor compartido con los grupos de interés.

¹Misión, Propósito Superior y Valores: <URL: <https://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/quienes-somos/informacion-corporativa/mision-proposito-valores/>>

5.4. Servicios y Clientes

ISAGEN es una empresa generadora de energía eléctrica a partir de centrales hidroeléctricas y centrales térmicas, su capacidad instalada con la entrada de la central Sogamoso al Sistema Interconectado Nacional es de 3032 MW, la Empresa durante el 2013 contribuyó a satisfacer un 16.97% la demanda de energía eléctrica en Colombia.

La empresa orienta todos sus esfuerzos en entender las necesidades de sus clientes y por medio de su asesoría personalizada brindarles soluciones energéticas eficaces en base a un completo portafolio de energéticos integrados por la electricidad y el gas. ISAGEN juega su papel en el mercado de dos formas, como comercializador directo a empresas con alta demanda energética o como generador de energía eléctrica que posteriormente será comercializada por una empresa distribuidora como por ejemplo ESSA.

Son clientes potenciales de ISAGEN quienes necesitan:

- Soluciones en Generación.
- Soluciones con calidad y Responsabilidad Empresarial
- Soluciones en Gas Natural
- Soluciones Energéticas
- Soluciones Nacionales con Respuesta Local
- Soluciones Directas



Figura 1: Comercialización de energía ISAGEN S.A E.S.P

Fuente: <https://www.isagen.com.co/nuestra-empresa/comercializacion-de-energia/>

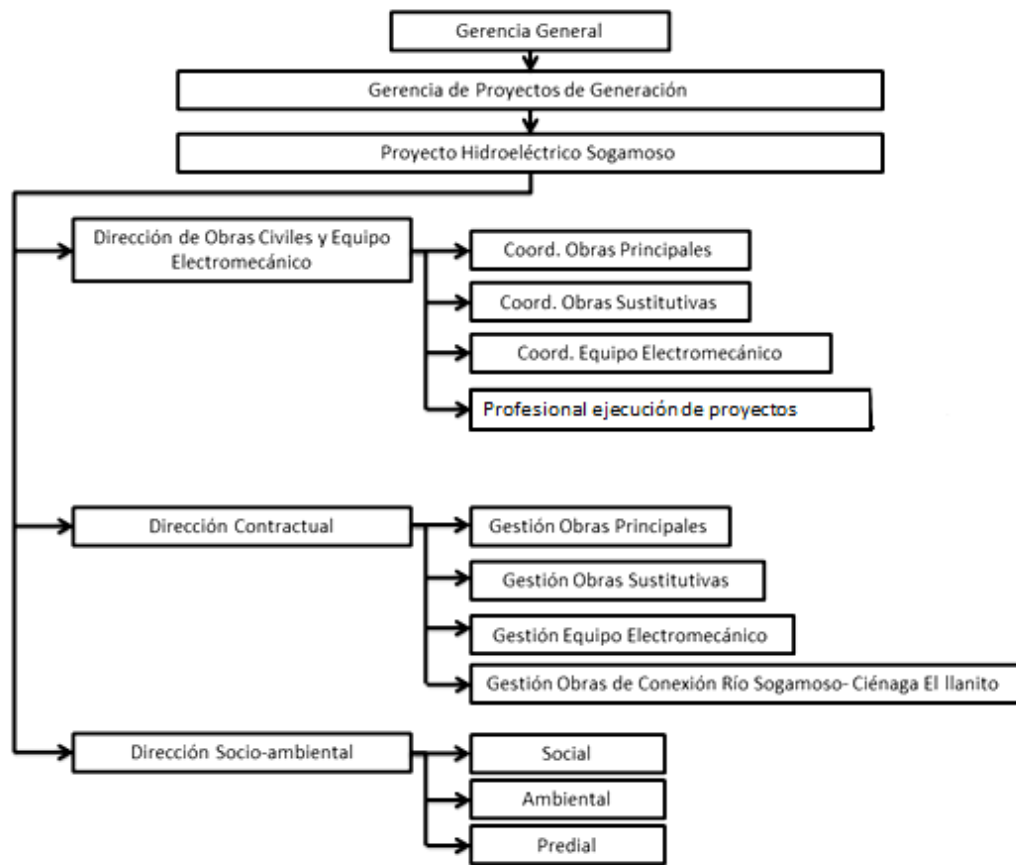


Figura 2: Organigrama ISAGEN S.A E.S.P. Proyecto Sogamoso
Fuente: Propia

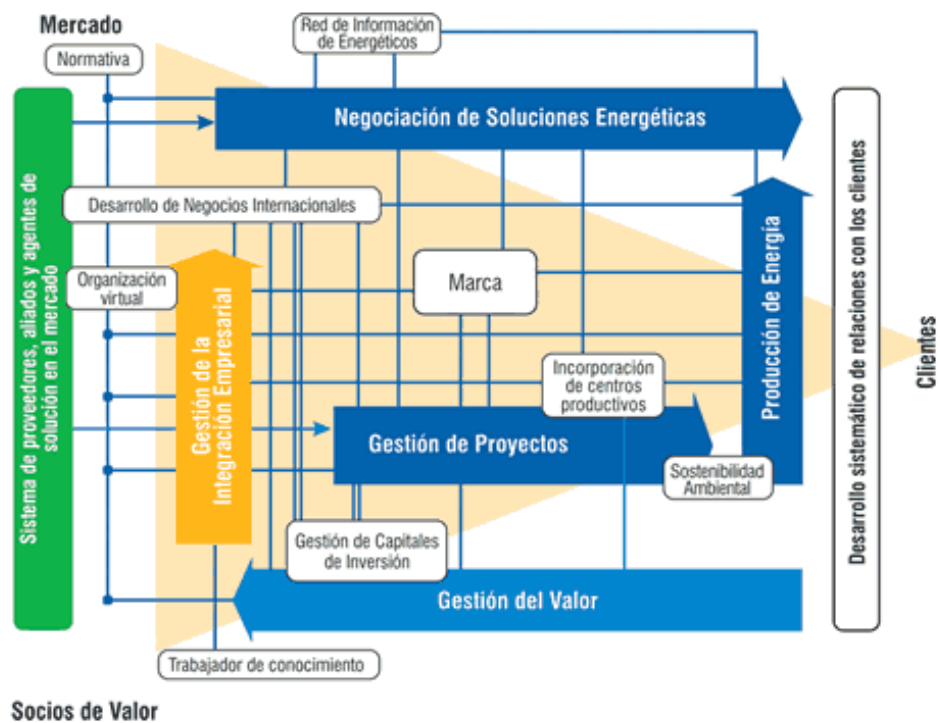


Figura 3: Mapa orgánico de procesos ISAGEN S.A E.S.P
Fuente: Modelo de gestión, Organización del Trabajo, ISAGEN S.A E.S.P.

6. MARCO TEORICO

6.1. Geoestructuras:

Las geoestructuras son elementos hechos en tela de geotextil, de acuerdo con una clasificación realizada por PAVCO² y debido a su capacidad de ajustarse a la topografía variable, son elementos que hacen parte del grupo de las formaletas flexibles.

Su facilidad de transporte, manipulación en campo y costos reducidos en comparación con otros tipos de proyectos en donde se involucra el uso de concreto o gaviones, representan una buena opción para los proyectistas. Son muy utilizados en proyectos de protección de las riberas y encauce de ríos, protección de vías costeras, entre otros.

Esta tela puede ser del tipo tejido o no tejido.

- Tejido: pueden ser del tipo tejido de calada o tricotados. Las primeras son fabricadas con cintas entrecruzadas en dirección longitudinal (urdimbre) y transversal (trama). Tienen resistencia a la tracción muy elevada en sus dos direcciones, según las características de las cintas empleadas. Las telas de tejido tricotado, están fabricadas con máquinas de tejido de punto (Ketten o Raschel) y su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial.
- No tejido: están conformados por fibras o filamentos superpuestos de forma laminar y ligados por diferentes métodos (mecánicamente, térmicamente o químicamente). Generalmente los geotextiles no tejidos presentan menor permeabilidad en comparación con los geotextiles tejidos.

Los geotextiles tejidos son los elegidos para las geoestructuras y deben cumplir con características específicas propias del elemento, como: tener suficiente permeabilidad para aliviar el exceso de presión de agua, retener el material con el que se llena, resistencia al rasgado, al punzonamiento y a la luz U.V, entre otras.

Las costuras juegan un papel fundamental en la fabricación de las geoestructuras, además de ser la unión de las distintas partes del elemento son el eslabón más débil de todo este conjunto, de acuerdo con la técnica utilizada varía su resistencia, pero de acuerdo con la Norma INV E-901, debe

² Control de erosión funciones y aplicaciones. Geosintéticos PAVCO.

ser mínimo el 90% de la resistencia a la tensión de la prueba a tracción del método grab del geotextil que se está cosiendo. Son generalmente costuras hechas con cintas de polipropileno y sus dimensiones varían de acuerdo con las exigencias del proyecto.

Las geoestructuras son fabricadas de tal forma que puedan contener algún material específico, proveniente del dragado en el cuerpo de agua en donde se esté desarrollando el proyecto o producto de la excavación para ubicar las geoestructuras.

El llenado consiste en utilizar una tolva para mezclar arena con agua, esta mezcla es conocida como “slurry”, el “slurry” es introducido a la geoestructura usando una tubería de 6” que se ajusta al puerto de entrada de la geoestructura, este puerto de entrada mide aproximadamente 1 metro y tiene forma de manga. El proceso de llenado de cada una de estas geoestructuras en condiciones idóneas puede tomar entre 4 y 5 horas, dependiendo de las características del material que se introduce, y se hace en intervalos, de la siguiente forma:

1. Un primer llenado hasta que la geoestructura se encuentra completamente saturada de slurry.
2. Se detiene el llenado y se espera de 1 a 2 horas mientras se decanta el material incorporado en el elemento de protección y el agua de la mezcla se filtra al exterior de la geoestructura. Así se protege de una posible falla por explosión del elemento.
3. Cuando el volumen de agua dentro del elemento ha disminuido lo suficiente se reinicia el proceso de llenado.

6.2. Geobolsas:

Las geobolsas son elementos fabricados en tela de geotextil, hacen parte del grupo de las formaletas flexibles y sus características físico-mecánicas se evalúan en su mayoría bajo los mismos parámetros que las geoestructuras. Su llenado comparado con el de las geoestructuras es muy sencillo: la geobolsa es sostenida de las eslingas por los obreros, con el lado sin coser en la parte superior, mientras una retroexcavadora dispone el material dentro del elemento, luego la geobolsa es cosida y según los requerimientos del proyecto con la misma retroexcavadora o con una grúa se ubica la geobolsa en el lugar donde se precise.



Figura 4: Llenado geobolsas



Figura 5: Acopio geobolsas

El flexocreto es otro tipo de formaleta flexible, de dos capas, unida por puntos de filtración entre tejidos, es usada para contener concreto de agregado fino. Es una alternativa duradera y económica ante los sistemas tradicionales como los gaviones, las losas de concreto o los enrocados. Dentro de sus ventajas están: costos de transporte reducido por el poco peso del elemento, puede ser instalado bajo condiciones secas o bajo agua y se adapta a diferentes tipos de topografía.

6.3. Canales:

El flujo de agua en un conducto puede ser, flujo en canal abierto o flujo en tubería. La diferencia entre ellos radica en que uno es un flujo de agua que a lo largo de su recorrido tiene una superficie libre, que siempre está sometido a la influencia de la presión atmosférica y el otro es un flujo de agua que a lo largo de su recorrido va dentro de una tubería, sometido directamente a la presión hidráulica e indirectamente a la presión atmosférica.

Resolver problemas en flujos abiertos es mucho más complicado que en flujos cerrados, debido a que las condiciones físicas del primero como profundidad de flujo, caudal, pendientes del fondo del canal, etc. pueden cambiar de manera súbita debido a eventos de la naturaleza. Esto ocasiona que la toma de datos experimentales en los flujos abiertos sea una tarea compleja y a menudo con resultados poco confiables.

Para el estudio del flujo en canales es común utilizar la fórmula de Manning, que se representa de la siguiente forma:

$$Q = A * \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

2. Q = Caudal
3. A = Área mojada del canal
4. n = Coeficiente de rugosidad
5. R = Radio hidráulico
6. S = Pendiente

Esta fórmula puede reescribirse de la siguiente manera:

$$\frac{Q * n}{S^{1/2}} = A * R^{2/3}$$

En donde el grupo de variables de la izquierda del signo igual representa el factor de flujo y el grupo de la derecha representa el factor de forma.

Los flujos en los caudales se pueden clasificar de muchas formas, la clasificación en razón de la profundidad de flujo con respecto al tiempo y el espacio, es la forma más conocida y difundida en la literatura existente, y es la siguiente:

- Flujo permanente y no permanente: un flujo se considera permanente cuando las características de la sección del canal (el factor de forma) no varían con respecto al tiempo. Si los parámetros cambian con respecto al tiempo se considera que es un flujo no permanente.
- Flujo uniforme y flujo variado: un flujo se considera uniforme cuando las características de la sección del canal (el factor de forma) no varían con respecto al espacio. Si los parámetros varían de una sección a otra se considera un flujo no uniforme o variado. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, aunque este último es poco probable que se presente, pues la profundidad de la lámina de agua debe variar de un tiempo a otro en forma perpendicular al fondo del canal.

En la aplicación de la fórmula de Manning para utilizada para el estudio de los flujos en canales abiertos, es común ver el uso de un valor n, conocido como el coeficiente de rugosidad. Determinar este valor es el mayor problema a la hora de usar dicha ecuación, pues no existe una forma exacta de obtenerlo, todo se remite a un proceso en el que a partir de tablas con valores de n conocidos, el ingeniero estima un dato aproximado que se ajuste a las condiciones naturales del canal en estudio. Tarea que se vuelve más sencilla y exacta a medida que se adquiere experiencia.

Dentro de las consideraciones del diseño del canal de conexión está, que se permita la revegetalización de la sección intervenida, esta revegetalización se ha presentado de manera natural, creciendo en el sitio pasto. De acuerdo al libro “Hidráulica de Canales Abiertos” del Autor Ven Te Chow, Ph.D. “La presencia de pasto en un canal, genera turbulencias, pérdidas de energía y retardos en el flujo, sin embargo se recomienda utilizar el recubrimiento de los canales con pasto en terrenos de cultivo. El pasto estabiliza el cuerpo del canal, consolida la masa de suelo del lecho y frena la erosión a lo largo de la superficie del canal”³

6.4. Humedales, ciénaga El Llanito:

Un humedal es un espacio compuesto por un cuerpo de agua, las áreas inundables vecinas y una franja de tierra firme alrededor, que complementa el ecosistema. Según el tratado internacional de RAMSAR de 1971, es posible referirse a las ciénagas como humedales: “ARTÍCULO 1. A los efectos de la presente convención son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda seis metros”

En Colombia existen numerosos cuerpos de agua dentro de los que se destacan los humedales, cuerpos de agua con características muy particulares. La llanura aluvial del río Magdalena presenta un relieve de planicie de inundación, conformada por la dinámica de desborde del mencionado río en el que se forman áreas cenagosas que son alimentadas por caños que las interconectan con ríos cercanos.

Los humedales del río Magdalena prestan servicios ecológicos fundamentales:

- Prestan funciones de regulación de los regímenes hídricos, amortiguando crecientes y controlando las inundaciones.
- Son fuentes de biodiversidad en todos los niveles: especies, genético y ecosistémico.
- Son indispensables para completar el ciclo de las especies ictiológicas.

³ Ven Te Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 7-16 canales en pasto, pag:176

Por su naturaleza misma los humedales son ecosistemas muy dinámicos. Sus atributos físicos son moldeados por procesos endógenos como la sedimentación, la desecación y por fenómenos de la naturaleza como avalanchas, deslizamiento de tierras y las inundaciones, entre otros. Existen varios tipos de perturbaciones que pueden darse en estos cuerpos de agua, como:

- Control de inundaciones: son perturbaciones que cambian los ciclos hidrológicos en el humedal. Se producen mediante la construcción de obras civiles para la contención, conducción o evacuación de las aguas. Como canales, diques o jarillones. Estos son el tipo de perturbaciones más comunes que se presentan en el país.
- Contaminación: ocasiona cambios severos en la calidad de las aguas lo cual desencadena en cambios biológicos.
- Canalizaciones: son alteraciones en los flujos superficiales de agua en los humedales y su conducción a los cauces principales o secundarios, alterando la topografía y el régimen hídrico en el humedal.

6.5. Perfilador Acústico por Efecto Doppler (ADCP).

Un Perfilador Acústico por Efecto Doppler o ADCP por sus siglas en inglés (Acoustic Doppler Current Profiler), es un equipo que como su nombre lo indica utiliza el efecto Doppler, aplicando ondas en diferentes frecuencias para determinar diversas variables de un flujo de agua en una sección determinada, como la velocidad a diferentes profundidades, velocidad promedio de la sección, caudal, la cantidad de sedimentos en el flujo y la profundidad de los diferentes puntos en la sección aforada, entre otros.

Se compone por una base flotante tipo trimarán, en donde se ubica el equipo que cuenta con GPS, Sistema de corrección diferencial, brújula, sensor de inclinación, 4 transductor⁴ que funcionan con frecuencia de 1MHz y 4 transductor que funcionan con frecuencia de 3 MHz.

Su funcionamiento es muy sencillo y no necesita de elementos adicionales más que un computador portátil para controlar el proceso y recibir la información transmitida por el equipo. El dispositivo puede realizar mediciones de dos formas diferentes:

⁴ Transductor: Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.
Fuente: DRAE

- El método estacionario en el que se ubica el equipo en diferentes abscisas a lo largo de la sección transversal y se realizan mediciones que toman intervalos de tiempo de 40 segundos cada una.
- El método Live, que consiste en llevar el dispositivo de orilla a orilla del río en varios recorridos, utilizando cuerdas y poleas, preferiblemente a una velocidad constante, durante cada recorrido el equipo reporta los datos medidos que el software finalmente promedia.

De estos dos métodos, el primero es el más exacto pues se reduce el margen de error al otorgar más tiempo en la medición al dispositivo en cada abscisa, además de que el ancho de la sección es establecido al medir previamente con un equipo de topografía y las mediciones no inician hasta que se considera que el equipo está en la posición adecuada. En el método live las longitudes de la sección siempre van a variar pues el equipo es llevado hasta donde quien realiza el aforo considera que ha llegado a la orilla y en caso de que ocurra un inconveniente como que algún tronco golpee el equipo, o las aspas del equipo cambien de posición, el equipo no hace medición y deja el espacio en blanco reduciendo la exactitud del aforo. Los datos obtenidos son procesados por un software especializado brindando a la persona que realiza el aforo información inmediata y en tiempo real de las características de la sección medida.

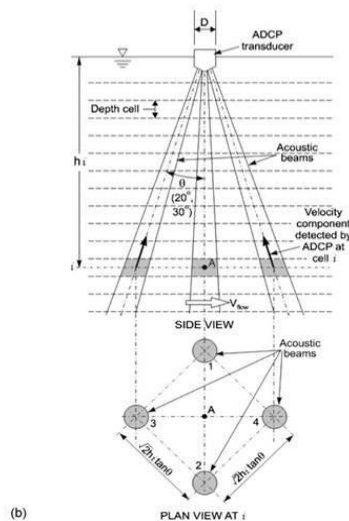


Figura 6: Distribución rayos de luz de los transducers.

Fuente: Near-Transducer Errors in ADCP Measurements: Experimental Findings. EBSCO HOST.

En una central hidroeléctrica, los aforos realizados con los equipos ADCP son indispensables para poder elaborar una curva de calibración de la sección en donde se realiza la verificación del caudal ecológico, que es “Por definición el caudal ecológico es la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para mantener el hábitat del río y su entorno en buenas condiciones, considerando las necesidades de las poblaciones humanas, animales y vegetales, así como los requerimientos físicos para mantener su estabilidad y cumplir sus funciones tales como la de flujo de dilución, capacidad de conducción de sólidos, recarga de acuíferos, mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio y amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos.”⁵

6.6. Información hidrológica:

Para interpretar el comportamiento del río Sogamoso en el marco del desarrollo del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, se hace preciso tomar tres períodos claves, que son: antes del llenado del embalse, durante el llenado del embalse y en la fase de generación de la central, en los que se ven diferencias muy marcadas del comportamiento hidráulico de este río.

Estos períodos abarcan periodos de tiempo en diferentes meses, de la siguiente forma:

- Antes de llenado: el periodo comprendido entre enero de 2013 a mayo del 2014.
- Llenado: el periodo comprendido entre junio de 2014 a 19 de noviembre de 2014.
- Etapa de generación: este periodo inició el 20 de Noviembre de 2014 con las pruebas en las unidades de generación; el 1° de Diciembre de 2014 ISAGEN S.A E.S.P declaró las 3 unidades de generación ante el CND (Centro Nacional de Despacho) con lo que entró a generar energía en firme con la Central Hidroeléctrica Sogamoso.

En las siguientes tablas se muestran datos, promedio, máximos y mínimos de dichos períodos, en diferentes estaciones ubicadas en los afluentes del embalse, en el río Sogamoso y en la ciénaga El Llanito.

⁵ VÉLEZ U., Jaime I. RÍOS R., Liliana. Corrientes Naturales Intervenciones Y Condiciones Ecológicas. En: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE EVENTOS EXTREMOS MÍNIMOS EN RÉGIMENES DE CAUDALES: DIAGNÓSTICO, MODELAMIENTO Y ANÁLISIS. (2004: Medellín). Escuela de Geociencias y Medio Ambiente Universidad Nacional de Colombia. URL < <http://www.bdigital.unal.edu.co/4336/1/DA3751.pdf>>

Estación	El Jordán	El Jordán	El Totumo	El Totumo	Remolino	Remolino
Afluente	Chicamocha	Chicamocha	Chucurí	Chucurí	Suárez	Suárez
Variable	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal
Unidades	Metros (m)	m ³ /s	Metros (m)	m ³ /s	Metros (m)	m ³ /s
ANTES DEL LLENADO						
Promedio	1,26	110,39	1,42	5,56	3,49	213,59
Max	4,51	752,78	2,68	51,52	7,47	1958,80
Min	0,34	39,29	1,11	2,14	2,40	49,47
LLENADO						
Promedio	1,33	121,86	1,33	4,45	3,65	218,52
Max	3,42	563,47	2,51	40,68	7,58	1484,89
Min	0,52	38,27	1,11	2,14	2,65	28,89
GENERACIÓN						
Promedio	1,01	86,06	1,41	5,49	4,06	301,79
Max	2,74	371,14	2,13	22,50	7,58	1484,89
Min	0,30	38,27	1,18	0,00	3,64	196,58

Tabla 1: Niveles y caudales promedio, máximo y mínimo, de las estaciones hidrométricas en los afluentes del embalse Topocoro. Antes del llenado, durante el llenado y en la etapa de generación de la Central Hidroeléctrica Sogamoso.

Fuente: Propia

Ciénaga El Llanito		
Variable	Nivel	Cota
Unidades	Metros (m)	msnm
Llenado		
Promedio	0,35	69,61
Max	1,35	70,61
Min	-0,26	69,00
Generación		
Promedio	0,84	70,06
Max	1,44	70,70
Min	-0,16	69,10

Tabla 2: Variación y niveles promedio, máximo y mínimo, de la ciénaga el Llanito durante el llenado y en la etapa de generación de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. Tomando como nivel de referencia la cota 69.26 m.s.n.m.

Fuente: Propia

Estación	Puente La Paz	Puente La Paz	Puente Sogamoso	Puente Sogamoso
Afluente	Sogamoso	Sogamoso	Sogamoso	Sogamoso
Variable	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal
Unidades	Metros (m)	m3/s	Metros (m)	m3/s
ANTES DEL LLENADO				
Promedio	1,62	349,15	3,99	386,65
Max	4,03	2057,36	6,36	2310,79
Min	1,00	116,06	2,58	48,83
LLENADO				
Promedio	0,82	109,02	3,49	200,48
Max	1,89	438,32	5,32	991,26
Min	0,14	10,39	2,81	76,14
GENERACIÓN				
Promedio	1,22	231,69	4,15	427,74
Max	2,19	583,02	5,67	1280,70
Min	0,63	67,58	3,09	0,00

Tabla 3: Niveles y caudales promedio, máximo y mínimo de las estaciones aguas abajo de la Presa Latora, en el río Sogamoso. Antes del llenado, durante el llenado y en la etapa de generación de la Central Hidroeléctrica Sogamoso.

Fuente: Propia

Embalse Topocoro		
	Sogamoso	Sogamoso
	Nivel	volumen
	MSNM	Hm3
ÚLTIMO MES DE LLENADO		
Valor Inicial	285,67	2806,22
Valor Final	307,87	4032,97
Incremento (m)	22,20	1226,75
ÚLTIMO MES EN GENERACIÓN		
Valor Inicial	308,61	4078,30
Valor Final	307,47	4008,59
Incremento (m)	-1,14	-69,71

Tabla 4: Niveles del embalse Topocoro. Durante el último mes del llenado y el último mes en la etapa de generación de la Central Hidroeléctrica Sogamoso.

Fuente: Propia

7. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo diseñado para esta práctica se ha cumplido de la siguiente manera:

7.1. Seguimiento a las obras de conexión río Sogamoso-ciénaga El Llanito:

Esta es la actividad principal a desarrollar durante la práctica. Es una obra contratada bajo la modalidad de administración delegada, en virtud de la complejidad para llegar a cada uno de los sitios de obra, y ejecutar estructuras en el agua, en caños y orillas del río Sogamoso.

Para la ejecución de las obras de conexión río Sogamoso-ciénaga El Llanito se conformó seis (6) grupos de actividades:

- 7.1.1 Adecuación de Accesos a los sitios de Obras
- 7.1.2 Movilización e Instalaciones temporales
- 7.1.3 Las estructuras de protección de orilla y Entrada.
- 7.1.4 Canal de conexión.
- 7.1.5 Las obras de control de los caños San Silvestre y El Deseo
- 7.1.6 El cierre de los caños Chu y Cocos

7.1.1. Adecuación de Accesos a los sitios de Obras

Cabe resaltar que estas obras se encuentran en lugares, de acceso muy complicado, pues no existía ningún tipo de vía. Es por esto que ISAGEN S.A E.S.P, por medio del administrador delegado, realizó el proceso de contratación para llevar a cabo la adecuación de los accesos. Las rutas de acceso que se identificaron, para llegar a los diferentes puntos en donde se va a desarrollar el proyecto fueron:

1. Un acceso industrial que comunicara un lugar de la carretera que conduce de Barrancabermeja al municipio de Puerto Wilches, sector el Rodeo. con la estructura de bocatoma en el sector de la Hortensia,
2. Una vía que comunicara a la estructura de bocatoma con el punto donde se va a construir la estructura de control en el caño san silvestre.
3. Una vía que pasando por el sur de la ciénaga El Llanito, sirviera de camino para llegar a los caños pequeños (Chu, Cocos y El Deseo).

De esas tres vías contempladas, la número uno, ya está construida y en funcionamiento. La número dos se descartó, pues surgió una propuesta por parte de un subcontratista para llegar a los lugares en donde se van a construir las estructuras de cierre y control de los caños El Deseo, Chu, Cocos y San Silvestre, en parte por una vía pública ya existente, del municipio de Barrancabermeja, hasta el caño San Silvestre en un punto aguas abajo del caño el deseo y el trayecto a los caños por vía fluvial. Y el acceso número tres fue descartada por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales), pronunciándose de la siguiente manera “ARTÍCULO SÉPTIMO: Negar el permiso de ocupación de cauce solicitado por la empresa ISAGEN S.A E.S.P. para la construcción de una alcantarilla en tubería novafort o de concreto, que permitiría la circulación de agua y sobre la tubería un relleno para conformar acceso industrial al sitio de las obras sector 5-F”⁶

7.1.2. Movilización e Instalaciones.

Para el correcto desarrollo del proyecto, se debió adecuar un lugar temporal autorizado por la ANLA (patio N°4) en donde se instalaron todos los servicios básicos para garantizar la presencia y la respuesta inmediata ante cualquier eventualidad de la interventoría y el contratista, además del correcto funcionamiento administrativo de los diferentes equipos de trabajo, subcontratados para desarrollar las obras del proyecto.

En la adecuación del patio N°4 se debieron llevar a cabo por medio de un subcontratista, actividades de rocería de la vegetación ubicada en el lugar, ahuyentamiento y captura de fauna, así mismo tala de los árboles, procurando cortar únicamente los que obstruyeran de manera evidente el lugar donde se ubicarían containers adecuados de manera que pudieran ser usados como oficinas.

La maquinaria que llegó inicialmente al proyecto, destinada a las obras de protección de orilla, compuesta principalmente por retroexcavadoras y minicargadores fue llevada al lugar usando principalmente remolques cama baja. Los equipos y las herramientas que llegaron inicialmente, estaban destinadas al uso en las obras de protección de orilla y para adecuar las instalaciones provisionales, dentro de los que se encontraban geotextiles, tolvas, equipos de bombeo, mezcladoras de concreto, plantas de energía, entre otros, fueron llevados usando principalmente camiones de carga. La

⁶ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Resolución 0363 del 10 de abril de 2014.

mayoría de estos equipos, herramientas y maquinaria son alquilados, traídos desde Bucaramanga, Bogotá, Medellín o desde el lugar en donde las condiciones económicas y de calidad fueran las óptimas.



Figura 7: Llegada containers destinados a oficinas



Figura 8: Llegada maquinaria pesada (minicargadores)

7.1.3. Estructuras de protección de orilla y Entrada.

La protección de orilla se realiza utilizando geoestructuras, ubicadas en la cota de socavación del río, de esta forma se garantiza que en el futuro no vaya a haber arrastre de partículas de la orilla a los lados de la bocatoma, y la estructura de captación quede descubierta.

En este proyecto se tienen 2 tipos de geoestructuras, que cuentan con las siguientes dimensiones:

	TIPO 1	TIPO 2
LONGITUD (m)*	20 o 10	20
ALTO (m)**	2	1.6
ANCHO (m)	5.16	5.16

*La longitud que se instala responde a lo solicitado en los planos de diseño.

**Las geoestructuras con altura de 1.6 metros son instaladas en la entrada de la estructura de captación y las de 2 metros en el resto del sistema de protección.

La estructura de captación ubicada a orillas del río Sogamoso, dentro de sus características se destacan: el material de construcción principal serán las geobolsas llenas de arena, se recubrirá con flexocreto para garantizar la durabilidad de la estructura y tendrá 9 compuertas metálicas manuales, con el fin de controlar el flujo que llegará a la ciénaga el llanito.

Fueron las primeras actividades de construcción en iniciar del proyecto, alrededor del 18 de agosto comenzó el llenado de las geoestructuras. Las actividades en este frente fueron desarrolladas por el Consorcio PAVCO-Geobiotécnica, empresas con amplia experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos. En general este frente no presentó inconvenientes por malas prácticas en la ejecución del proceso constructivo, los problemas de este frente se dieron debido a factores climáticos que influyeron directamente en el desarrollo de las actividades. Durante el mes de octubre, se vio un periodo de lluvias en la zona, estas lluvias influyeron en el comportamiento de las crecientes del río Sogamoso, obligando al subcontratista a construir un dique para protegerse de las crecientes y permitir el trabajo de su mano de obra bajo condiciones de seguridad suficiente, aun así algunas crecientes de gran caudal rompían el dique construido generando los retrasos correspondientes a la readecuación del lugar de obra.



16/07/2014 Figura 9 pruebas de llenado geoestructuras



30/07/2014 Figura 10: futura ubicación geoestructuras



15/08/2014 Figura 11: Abscisas: K0+160/140



30/08/2014 Figura 12: Abscisas: K0+160/120; 2°
nivel: K0+130/150



15/09/2014 Figura 13: Abscisas: K0+020/160; 2°
nivel: K0+130/150



30/09/2014 Figura 14: Abscisas: K0+000/180; 2°
nivel: K0+130/150



15/10/2014 Figura 15: Abscisas: K0+000/K0+260;
2° nivel: K0+130/150-K0+206/236



30/10/2014 Figura 16: Abscisas: K0+000/300; 2°
nivel: K0+130/150-K0+206/236



15/11/2014 Figura 17: Abscisas: K0+000/320; 2° nivel: K0+130/150-K0+206/236. Rompimiento del dique de protección.



30/11/2014 Figura 18: Abscisas: K0+000/320. Maquinaria y equipos trasladados al frente de Bocatoma



15/12/2014 Figura 19: Abscisas: K0+320/340. Reinician las actividades de excavación y llenado de geoestructuras.



30/12/2014 Figura 20: Abscisas: K0+340/360



07/01/2014 Figura 21: Abscisas: K0+360/380



16/07/2014 Figura 22: Futura ubicación estructura de entrada y control



30/07/2014 Figura 23: Futura ubicación estructura de entrada y control



15/08/2014 Figura 24: Futura ubicación estructura de entrada y control



30/08/2014 Figura 25: Futura ubicación estructura de entrada y control



15/09/2014 Figura 26: Rocería ubicación estructura de entrada y control



30/09/2014 Figura 27: Rocería estructura de entrada y control



15/10/2014 Figura 28:excavación estructura de entrada y control.



30/10/2014 Figura 29:excavación estructura de entrada y control



15/11/2014 Figura 30:excavación estructura de entrada y control



30/11/2014 Figura 31:geobolsas instaladas en la estructura de control.



15/12/2014 Figura 32:instalación geobolsas en el fondo de la estructura de entrada y control.



30/12/2014 Figura 33: ubicación de tubería metálica de la estructura de control



07/01/2014 Figura 34: extensión del flexocreto



07/01/2014 Figura 35: flexocreto en proceso de curado.



07/01/2014 Figura 36: tubería y cámara de compuertas, estructura de control



07/01/2014 Figura 37: estructura de entrada y control

7.1.4. Canal de conexión.

El canal de conexión es una estructura destinada a llevar el agua captada del río Sogamoso a la ciénaga El Llanito, a través de terrenos usados para el cultivo de la palma de aceite y la ganadería extensiva. El canal tiene una longitud de aproximadamente 4,35 km, el ancho del canal en su base es de 16 m, con taludes 2:1 y profundidad promedio de 2,8 m. por las características del material excavado, este es muy propenso a regenerar su capa vegetal rápidamente, proceso que no será obstruido, pues esta vegetación es útil para mejorar la estabilidad de los taludes y proteger de la erosión. Se dejarán 4 m libres a partir de la corona del talud de corte para que desde ese punto se conforme un jarillón de 36 m de ancho con el material excavado. En total la franja ocupada es de 100 m de ancho.



16/07/2014 Figura 38: Rocería canal de conexión



30/07/2014 Figura 39: Inventario forestal canal de conexión



15/08/2014 Figura 40: Futuro lugar de paso del canal de conexión



30/08/2014 Figura 41: futura ubicación del canal de conexión



15/09/2014 Figura 42: excavación canal de conexión



30/09/2014 Figura 43: Abscisa K0+600



15/10/2014 Figura 44: Abscisa K1+500



30/10/2014 Figura 45: Abscisa K2+070



15/11/2014 Figura 46: Abscisa: K2+460



30/11/2014 Figura 47: Abscisa K3+060



01/12/2014 Figura 48: El contrato fue suspendido.



30/12/2014 Figura 49: Jarillón con regeneración vegetal



07/01/2014 Figura 50: Abscisa: K4+200 último punto demarcado por la topografía

7.1.5. Las obras de control de los caños San Silvestre y El Deseo

La obra de control del caño El Deseo en los diseños, por petición de los pescadores, se le acondicionó una rampa para el paso de las canoas, pues se va a convertir en el único punto para la interacción entre la ciénaga el Llanito y el caño San Silvestre.

El cierre del caño San Silvestre es una obra más compleja, debido a que se trata de un flujo de agua con aproximadamente 60 metros de ancho y 50 metros de largo, su estructura se caracteriza por tener forma escalonada, con un paso reducido del agua en el medio de la estructura, para controlar la salida de la misma hacia el río Sogamoso.

7.1.6. Obras de cierre de los caños Chu y Cocos

Las obras de cierre de los caños Chu y Cocos consisten básicamente en diques ubicados a través de cada uno de los caños, se diseñan con el fin de impedir la salida sin control de agua desde la ciénaga El Llanito hacia el caño San Silvestre en las épocas de sequía, y en las épocas de lluvia para evitar en ingreso excesivo de agua a la ciénaga El Llanito.

7.2. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR EL PRACTICANTE.

7.2.1. Actividades principales:

- Obras de conexión río Sogamoso – ciénaga El Llanito:

Las actividades que se han desarrollado con respecto a estas obras de conexión son:

- Realizar visitas dos veces a la semana para hacer un recorrido por los diferentes frentes de trabajo, verificando el avance, tomando nota de cualquier cambio o irregularidad que se presente en el desarrollo de las actividades, para luego realizar un informe en el que se reportan todos estos datos al supervisor de la práctica.
 - Seguimiento a las comunicaciones entre la interventoría, el administrador delegado e ISAGEN, identificando cuáles son solicitudes de carácter urgente para remitirlos al supervisor de la práctica y tomar las acciones pertinentes.
 - Asistir a los comités de obra quincenales, para tomar notas de la información relevante y luego elaborar un informe con la información tratada en estas reuniones.
 - Revisión de los informes mensuales de ejecución de obra por parte de la interventoría y el administrador delegado.
 - Elaboración quincenal y mensual de informes de avance de las obras
- Seguimiento a la información hidrológica:

Esta actividad en su momento fue ubicada como secundaria, pero por el control tan estricto que debía hacerse para garantizar el caudal ecológico aguas abajo de la presa, además de la necesidad de información de los afluentes al embalse para determinar el estado y hacer pronósticos de tiempos de llenado, esta actividad pasó a un plano prioritario, en el desarrollo de esta práctica empresarial.

Las actividades desarrolladas con respecto a esta información hidrológica son:

- Organizar los datos de niveles de los ríos aportantes al embalse Sogamoso desde junio del 2014, mes en el que se inició el llenado del embalse, en una tabla donde se calculan los caudales de los diferentes puntos de medición y se determina el volumen aproximado del embalse. Esta tabla luego es enviada para información a los responsables de la hidrología y a los coordinadores de proyectos.

- Para los datos del nivel de la ciénaga El Llanito se ha realizado el mismo procedimiento que con el nivel de los ríos, tomar la información suministrada por la interventoría de las mediciones realizadas en el lugar y organizarla en una tabla de Excel, en donde se muestre el estado del sitio en cuestión.
- Visita todos los días a las 7:30 am a la estación hidrométrica Puente La Paz, con el fin de determinar el dato que reporta el sensor de nivel y comparar con el nivel de mira ubicado en el río, para verificar el estado de calibración del equipo y las condiciones generales de la estación. Esta actividad se realizó hasta el 30 de Noviembre de 2014, fecha en la cual se hizo entrega de las estaciones al equipo de producción de la Central Sogamoso.
- Acompañamiento a los aforos de caudal que se realizan en la sección de Puente La Paz.

7.2.2. Actividades Secundarias:

- Seguimiento al desarrollo de las obras de mejoramiento de estaciones hidrológicas:

Esta actividad se centra en organizar la información del estado de las estaciones hidrológicas en la cuenca del río Sogamoso, objeto de un convenio de cooperación suscrito entre ISAGEN S.A E.S.P e IDEAM, para el uso de las mismas. La firma contratista Himat-Lu fue la contratada para el mejoramiento de la infraestructura y modernización de equipos de las mismas. Dentro de los trabajos contemplados en el mejoramiento estaban: la construcción de un cerramiento adecuado, construcción de casetas y tarabitas para la realización de aforos en algunas estaciones e instalación de tramos de miras, entre otros trabajos requeridos.

Las actividades desarrolladas con respecto a esta actividad son:

- Organizar la información del estado anterior y posterior al mejoramiento, de las estaciones en una “hoja de vida” de cada estación, en donde se indica el predio, coordenadas de la estación, municipio en el que se ubica, entre otros datos.

- Apoyo al equipo de hidrometría.

El equipo de hidrometría de ISAGEN realiza visitas al proyecto Sogamoso, con el fin de probar equipos en diferentes lugares cercanos a las estaciones, para establecer nuevos sistemas de transmisión de datos y realizar aforos con equipo ADCP.

Dentro de las actividades realizadas con este equipo, se encuentra el acompañamiento a los lugares a donde deben hacer las pruebas, armado e instalación de los equipos, participación en las pruebas de transmisión de datos y aforos realizados.

- Seguimiento y acompañamiento para la puesta a punto de la PTAP La Cabezona, para entregar al municipio de Betulia.

El sistema de la PTAP de la Cabezona, es una planta de agua tratada para consumo que abastece las localidades de la Playa, Tienda Nueva y el Peaje del municipio de Betulia, construida por ISAGEN para beneficio de las localidades mencionadas que se encuentran vecinas al proyecto hidroeléctrico Sogamoso. En esta actividad un grupo de ingenieros de la consultoría realizaron unas visitas con el fin de realizar la puesta a punto de la PTAP La Cabezona, calibrando el caudal para el funcionamiento de la planta y un grupo de técnicos realizaron toma de muestras para determinar las condiciones del agua en los diferentes puntos de la planta.

Dentro de las actividades realizadas con el equipo de ingenieros estuvo la realización de aforos en los vertederos de salida de los desarenadores, el vertedero de entrada a los filtros gruesos dinámicos y a los filtros lentos variables. Lo anterior con el fin de poner en funcionamiento la PTAP, e ISAGEN hacer entrega al municipio de Betulia para la operación y mantenimiento.

8. APORTES AL CONOCIMIENTO

Durante el desarrollo de la práctica empresarial, se han fortalecido los conocimientos adquiridos en diferentes áreas de la ingeniería civil, tanto en la parte administrativa como en la de ejecución de obras, así:

- En el seguimiento a las obras de conexión del río Sogamoso- ciénaga el Llanito, debido a que se deben revisar los avances reportados por la interventoría y el contratista, los informes de gastos del contratista y estar en el sitio de obra tomando datos y verificando la ejecución del proyecto, se refuerzan los conocimientos adquiridos en las materias de Evaluación de Proyectos, Programación y Presupuestos de obra y en Construcciones.
- En cuanto al seguimiento de la información hidrológica y el acompañamiento al equipo de hidrometría en los aforos, se ponen en práctica conocimientos adquiridos en hidrología e hidráulica, por el manejo de los datos de los niveles de los ríos necesarios para calcular los caudales y además acompañar a la realización de los aforos.
- La puesta a punto de la PTAP la cabazonera permite fortalecer conocimientos adquiridos en la materia de Redes de acueductos y adquirir conocimientos del funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable convencional, además de las pruebas de calidad que se realizan al agua.

9. CONCLUSIONES

- El plan de trabajo propuesto se ha cumplido satisfactoriamente y sin retrasos en la ejecución de las actividades, más allá del hecho de que se hayan incluido y aumentado el número de las mismas.
- En el plan de trabajo entregado inicialmente, se tenía contemplado participar en una línea principal de actividades, pero debido al inicio lento de las obras del canal de conexión, se han adquirido nuevas responsabilidades como la actualización de la información del estado de las estaciones hidrológica y el seguimiento a las obras de mejoramiento de las estaciones hidrológicas del proyecto.
- Las obras de cierre de los caños San Silvestre, El Deseo, Chu y Cocos, aún no han iniciado, debido a esto y a otros inconvenientes en los diferentes frentes de obra, el proyecto se ha retrasado aproximadamente un 25% con respecto al programa inicial de obra.
- Las actividades adicionales que se han venido desarrollando en la práctica, son de un campo de la ingeniería diferente al de la administración de proyectos de construcción, su importancia radica en que se pueden evidenciar conceptos teóricos del funcionamiento de sistemas para tratamiento de agua potable, como los filtros, los desarenadores, etc. en las PTAP. También se evidencia la aplicación de sistemas de medición y tecnologías de la información de última generación que facilitan la labor en campo del ingeniero.
- Los tiempos en la ejecución de proyectos deberían ajustarse a la programación hecha en la etapa de formulación del mismo, pero existen muchos factores externos que pueden afectar de formas diferentes a las actividades secundarias o principales, algunos factores generan retrasos menores que se pueden recuperar a medida que el proyecto avanza, pero otros ocasionan retrasos irrecuperables que inevitablemente influyen en el recurso monetario destinado a un proyecto.
- De los diferentes frentes de obra del proyecto de conexión y control entre el río Sogamoso y la ciénaga El Llanito, el que se ejecutaba con rendimientos mayores era el de excavación del canal de conexión llegando hasta los 70 metros lineales diarios de canal excavado.
- Los frentes de excavación del canal de conexión y la conformación de

jarillones a los lados del mismo, en este momento estarían a punto de terminar, de no ser por inconvenientes de negociación de predios en cuanto al incumplimiento de un propietario con los compromisos adquiridos.

- Las obras de conexión entre el río Sogamoso y la ciénaga El Llanito, despiertan el interés en la comunidad ingenieril y en general de todas las personas que tienen conocimiento de ellas, pues son de un carácter muy diferente a los proyectos civiles que generalmente se ven en nuestra sociedad, además de que los procesos incluyen un alto trabajo manual que quienes los ejecutan podrían llegar a ser considerados artesanos.
- Los tres ríos aportantes al embalse Latora, presentan caudales muy variables en cada período, exceptuando el río Chucurí donde los caudales promedio en cada período no difieren en más de 1,5 m³/s uno del otro.
- Los períodos de tiempo en los que se presentan las temporadas lluviosas aguas abajo de la presa, alimentan caños y quebradas que en conjunto aportan gran caudal al río Sogamoso y a la ciénaga el Llanito. Estos aportes afectan de manera evidente la variación del nivel de la ciénaga El Llanito, aún sin que se presentara el periodo de generación y que el canal de conexión todavía no empalme con la ciénaga.
- Los niveles promedio registrados en la estación de Puente La Paz durante el llenado, punto cercano a la presa donde se verifica el cumplimiento del caudal ecológico, son mucho menores que los que se presentan en la etapa de generación, pues se buscaba inundar el vaso del embalse mientras se garantizaba el caudal ecológico, en el curso del río Sogamoso.
- Los niveles promedio y máximos registrados en la estación Puente La Paz durante la generación difieren mucho de los registrados en la etapa anterior al llenado, esto se debe a que las condiciones del río están controladas por la presa, que cumple con uno de sus propósitos que es el de amortiguar crecientes súbitas que se desarrollan aguas arriba y que pueden afectar las áreas aledañas al río ubicadas aguas abajo de la misma.
- La curva de calibración de la sección Puente La Paz debe ser

cambiada para la etapa de generación que recién comienza, debido a que la sección del río cambiará, pues los sedimentos transportados por los afluentes del río Sogamoso y por el mismo río quedan atrapados en la presa, condición que indudablemente cambiará la dinámica del río aguas abajo, llevándolo a arrastrar material del lecho o de la rivera a lo largo de su trayecto para intentar recuperar su dinámica.

- En el registro de caudales mínimos, la estación Puente Sogamoso presenta un valor de cero, esto se debe a que los equipos con el paso del tiempo sufren problemas de calibración inherentes al uso de los mismos y realizan lecturas erróneas. Como la que se indica en la tabla.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ECOPETROL – FUNDACIÓN ALMA. Protocolo Restauración Ecológica Participativa: Complejos de humedales en Magdalena Medio. Barrancabermeja: Molano Publicidad 233p. 2009.
- Muste, Marian, Dongsu Kim, y Juan A. González-Castro. "Near-Transducer Errors in ADCP Measurements: Experimental Findings." *Journal Of Hydraulic Engineering* 136, no. 5 (Mayo 2010): 275-289. Computers & Applied Sciences Complete, EBSCO host.
- ISAGEN; Análisis de las alternativas para mantener la dinámica río–ciénaga El Llanito; Medellín, 2009.