

**MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA  
AUTOMÁTICA PARA MEDICIÓN DE NIVELES EN EL RÍO DE ORO**

**WILFREDO ARTURO DIAZ ARDILA  
WILLIAM YESID RINCÓN HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2006**

**MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA  
AUTOMÁTICA PARA MEDICIÓN DE NIVELES EN EL RÍO DE ORO**

**WILFREDO ARTURO DIAZ ARDILA  
WILLIAM YESID RINCÓN HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar el título de:  
Ingeniero civil**

**Director:  
JORGE ALBERTO GUZMÁN JAIMES  
Ingeniero Civil M.Sc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2006**

*A Dios, Por el regalo más preciado que me ha dado  
“La Vida”*

*A mis Padres Luis Arturo y Carmen Elia, gracias por que  
todo lo que soy en la vida se los debo a Uds.,  
Los Amo muchísimo.*

*A mis hermanos Edwing, Eliana y Zayra, gracias por su  
apoyo y su amor, los Amo  
Hermanitos.*

*A mi tía María Florelia, gracias Por todo el apoyo  
Te amo.*

*A toda mi familia  
Los amo*

*Wilfredo A. DIAZ.*

*A Dios por haberme permitido culminar  
con éxito esta etapa de mi vida*

*A mi Madre María Estrella por su entrega  
y apoyo incondicional, que el Señor me la  
bendiga y me la guarde...*

*A mi papá Paulino y mis hermanos Jairo  
y Pedro Pablo, de quienes siempre tuve  
apoyo y respaldo*

*A Claudita por su comprensión y por  
esperarme tanto*

*A la Universidad Industrial de Santander  
por haberme brindado la oportunidad de  
tener una excelente formación profesional.*

*William Yesid*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería Civil, por brindarnos la oportunidad de realizar una excelente formación profesional.

Al Grupo en Predicción y Modelamiento Hidroclimático – GPH, por todo el aporte técnico necesario para la realización de la tesis de grado.

A la ingeniera Sully Gómez Isidro Directora del Grupo GPH, por su colaboración y apoyo.

Al Ingeniero Civil, MSc. Jorge Alberto Guzmán Jaimes, Director de tesis, por su valiosa ayuda y orientación acertada para la culminación exitosa del presente estudio.

A nuestro gran amigo Germán Oyuela por su colaboración en la realización de una parte del proyecto.

A la entidad: Piedecuestana de Servicios ESP, por su invaluable contribución a la realización del proyecto.

## CONTENIDO

|  | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCION   | 1    |
| 1. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA                                     | 3    |
| 1.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA                                   | 5    |
| 1.2 PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA                                   | 5    |
| 1.3 LOCALIZACIÓN ESTACIÓN AUTOMÁTICA                             | 6    |
| 1.4 ESTACIONES CERCANAS  | 7    |
| 1.5 RESEÑA HISTÓRICA   | 8    |
| 2. GENERALIDADES DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA                    | 14   |
| 2.1 ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDALES                             | 14   |
| 2.1.1 Limnímetros  | 14   |
| 2.1.2 Limnígrafos  | 15   |
| 2.2 SISTEMAS DE REGISTRO AUTOMÁTICO                              | 16   |
| 2.2.1 Selección del medidor automático                           | 17   |
| 2.3 REGISTRADORES MECÁNICOS ANALÓGICOS                           | 18   |
| 2.4 REGISTRADORES ELECTRÓNICOS                                   | 18   |
| 2.5 SENSORES DE PRESIÓN TIPO DIVER Y BARODIVER                   | 19   |
| 2.5.1 Generalidades de los registradores electrónicos Tipo Diver | 20   |
| 2.5.2 Nivel de agua  | 22   |
| 2.5.3 Temperatura  | 23   |

|  |    |
|--|----|
| 3. SELECCIÓN DEL SITIO                     | 24 |
| 3.1 CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL SITIO  | 24 |
| 3.2 DISEÑO DEL TUBO LIMNIMÉTRICO           | 25 |
| 3.3 ANCLAJE DE LA ESTACIÓN                 | 30 |
| 4. METODO UTILIZADO PARA AFORAR CORRIENTES | 32 |
| 4.1 INSTRUMENTO UTILIZADO PARA LOS AFOROS  | 33 |
| 4.1.1 Errores en las mediciones            | 35 |
| 4.2 SECCIONES TRANSVERSALES                | 37 |
| 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS                 | 38 |
| 4.4 CURVA DE CALIBRACIÓN                   | 39 |
| CONCLUSIONES                               | 40 |
| OBSERVACIONES                              | 42 |
| BIBLIOGRAFÍA                               | 43 |
| ANEXOS                                     | 44 |

## LISTA DE TABLAS

|  | <b>pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Especificaciones de los Modelos   | 20          |
| Tabla 2. Especificaciones para aire y la medida de presión de agua que difieren de Diver a Diver | 22          |
| Tabla 3. Combinación de los errores I y II   | 36          |

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1. Localización de la Cuenca                                   | 3           |
| Figura 2. DEM-3D Cuenca Superior del río Lebrija                      | 4           |
| Figura 3. DEM-3D Localización de la estación automática               | 7           |
| Figura 4. Sedimentadores Bocatoma                                     | 9           |
| Figura 5. Vista compuerta y muro de la bocatoma.                      | 9           |
| Figura 6. Mira localizada 20 m aguas debajo de la estación automática | 10          |
| Figura 7. Sitio antiguo de aforación                                  | 11          |
| Figura 8. Mira de prevención  | 12          |
| Figura 9. Caudalímetro de cono y reloj registrador                    | 13          |
| Figura 10. Detalle conexión del Diver                                 | 19          |
| Figura 11. Detalle conexión Barodiver                                 | 19          |
| Figura 12. Detalle del tubo limnigráfico                              | 27          |
| Figura 13. Detalle del cono   | 28          |
| Figura 14. Detalle de la tapa   | 28          |
| Figura 15. Detalle escalera   | 29          |
| Figura 16. Detalle del anclaje a la roca                              | 30          |
| Figura 17. Detalle del anclaje  | 31          |
| Figura 18. Sitios de aforo  | 34          |
| Figura 19. Detalle del micromolinete                                  | 34          |
| Figura 20. Gráfica sección transversal sitio estación automática      | 37          |

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Convenio celebrado entre la Piedecuestana de servicios y la Universidad Industrial de Santander | 45   |
| Anexo B. Formatos de los Aforos  | 47   |
| Anexo C. Referencia Hélice del Molinete  | 51   |
| Anexo D. Cotización de los Equipos   | 52   |
| Anexo E. Presupuesto de la estación  | 53   |
| Anexo F. Análisis de Resultados  | 54   |
| Anexo G. Curva de calibración  | 56   |

## RESUMEN

### TITULO

MONTAJE Y CALIBRACIÓN DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA AUTOMÁTICA PARA MEDICIÓN DE NIVELES EN EL RÍO DE ORO.\*

### AUTOR

WILFREDO ARTURO DIAZ ARDILA, WILLIAM YESID RINCÓN HERNÁNDEZ\*\*

### PALABRAS CLAVES

Microcuenca del Río de Oro; Diver; Barodiver; LDM; Curva de Calibración.

### DESCRIPCION

En el presente trabajo se realizó el montaje y calibración de una estación hidrométrica automática para mediciones de niveles en el Río de Oro, localizada en la microcuenca del Río de Oro Alto en un sitio ubicado en la margen izquierda aguas arriba de la bocatoma del acueducto de Piedecuesta, a una distancia de 120 m. con coordenadas  $6^{\circ} 59' 39.4''$  N y  $73^{\circ} 02' 11.4''$  W, y una altura de 1105 m.s.n.m.

En el tubo limnigráfico se instaló un Diver (DI241) sumergido en el agua para monitoreo y almacenamiento de datos de presión total y temperatura de agua, Un Barodiver (DI250) que mide variaciones de presión atmosférica y está suspendido en el aire, Los resultados almacenados por los instrumentos se procesan por el software LoggerDataManager (LDM),

La curva de calibración se construyó con los datos obtenidos de los Diver que registran la altura de columna de agua medida desde el nivel de referencia (el sensor de presión del Diver), que es igual a la diferencia entre la presión leída del Diver y la presión atmosférica leída del Barodiver y los aforos hechos en el sitio, ajustando estos valores a una línea de tendencia logarítmica con un coeficiente de correlación igual a 0.85.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Guzman Jaimes, Jorge Alberto.

## SUMMARY

### TITLE

MONTAGE AND CALIBRATION OF AN AUTOMATIC HYDROMETRIC STATION FOR MEASUREMENTS OF LEVELS IN RIO DE ORO.\*

### AUTHORS

WILFREDO ARTURO DIAZ ARDILA, WILLIAM YESID RINCON HERNANDEZ\*\*

### KEY WORDS

Micro basin of Río de Oro, Diver, Barodiver, LDM, Calibration Curve.

### DESCRIPTION

In the present work it was carried out the montage and calibration of an automatic hydrometric station for measurements of levels in Río de Oro located in the micro basin of Rio de Oro Alto in a place located in the left margin aguas arriba of the bocatoma of the Piedecuesta's Aqueduct, at a distance of 120 m with coordinates  $6^{\circ} 59' 39.4''$  N and  $73^{\circ} 02' 11.4''$  W , and a height of 1105 m.s.n.m.

In the limnigraphic tube was installed a Diver (DI241) submerged in the water for monitoring and storing dates o total pressure and water temperature. A Barodiver (DI250) that measures variations of atmospheric pressure and it is holding in the air. The results obtained by the instruments are processed by the software Logger Data Manager (LDM).

The calibration curve was constructed with the dates obtained from the Divers which register the height of water column measured since the level of reference (the sensor of Diver pressure), that is the same to the difference between pressure read by the Diver and the atmospheric pressure read by the Barodiver and the going up made in the place, adjusting the values to a line of logarithmic tendency with a coefficient of correlation equals to 0.85.

---

\* Degree Project.

\*\* Ability of Engineerings Physique - Mechanical, School of Civil Engineering, Director: Guzman Jaimes, Jorge Alberto.

## INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Bucaramanga abastece las plantas de tratamiento por aguas provenientes de los ríos que pertenecen a la cuenca superior del río Lebrija. Debido al aumento del consumo en la demanda causada por la alta tasa de crecimiento poblacional, se hace importante conocer el comportamiento en los cambios de niveles de las corrientes, el aporte de los acuíferos al caudal total y la calidad del recurso hídrico.

Generalmente en nuestros ríos son escasos o donde los hay no se operan continuamente los instrumentos utilizados para registrar parámetros hidrológicos como el nivel de agua, teniendo en cuenta la dificultad de tener acceso a información continua y confiable que facilite el realizar posteriores estudios y proyectos en las cuencas, se hace necesario mejorar el sistema de medidas.

Actualmente en la corriente de la parte alta del Río de Oro no es la excepción, el propósito del trabajo realizado es proveer al interesado información más precisa y continua de parámetros hidrológicos como variación del nivel y temperatura del agua, para así obtener por medio de una curva de calibración el caudal en cualquier tiempo.

En el sitio del río previamente escogido se ancló a la roca la estación que está formada principalmente por un tubo limnigráfico en el cual en su interior se suspendieron dos sensores de presión, uno sumergido dentro del agua tipo Diver DI247 que registra la presión de la columna de agua más la presión atmosférica y la temperatura del agua, el otro suspendido en el aire tipo Barodiver D250 que registra la variación de la presión atmosférica. Estos

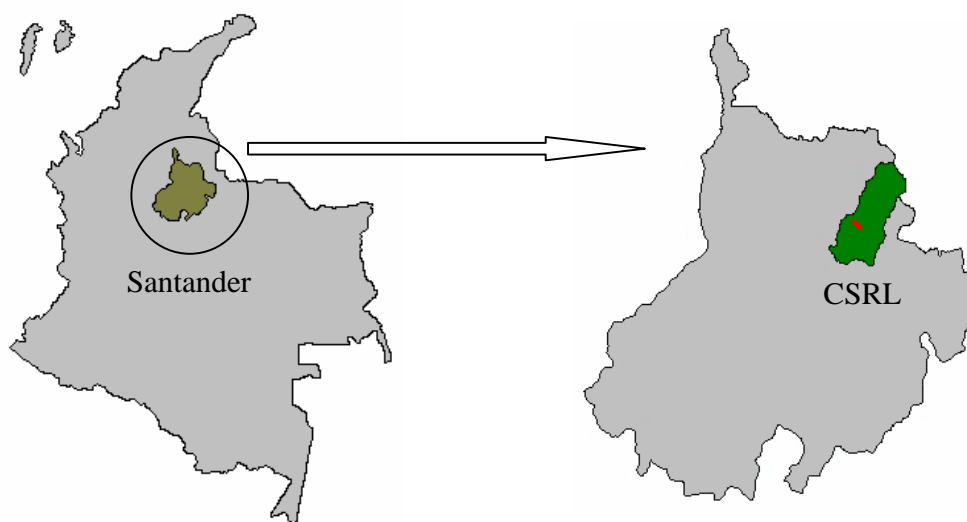
registradores automáticos analógicos se le puede predeterminar el intervalo de tiempo entre dos registros consecutivos.

Para la realización del proyecto se llevó a cabo un convenio de cooperación interinstitucional celebrado entre la Piedecuestana de Servicios y la Universidad Industrial de Santander "UIS" , mediante el cuál cada entidad se compromete a realizar determinadas actividades ( Véase el Anexo A).

Este trabajo está estructurado como sigue: el primer capítulo se presenta la localización de la estación en la cuenca así como el registro histórico de las estaciones más cercanas, tipo y entidad encargada de procesar la información, en el segundo capítulo se habla sobre el marco teórico de los diferentes instrumentos de medida de los sensores de presión, así como de otros sistemas de medición, en el tercer capítulo se muestra el diseño y montaje de la estación automática como de la selección del sitio, el cuarto capítulo consta del método y equipo utilizado para aforar corrientes, el ajuste de la curva de calibración y en el quinto y último capítulo se consignan las observaciones y conclusiones del trabajo.

## 1. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA

**Figura 1. Localización de la Cuenca**



La cuenca del Río de Oro pertenece al sistema de subcuencas que conforman la Cuenca Superior del Río Lebrija, y se localiza en el extremo nordeste del departamento de Santander.

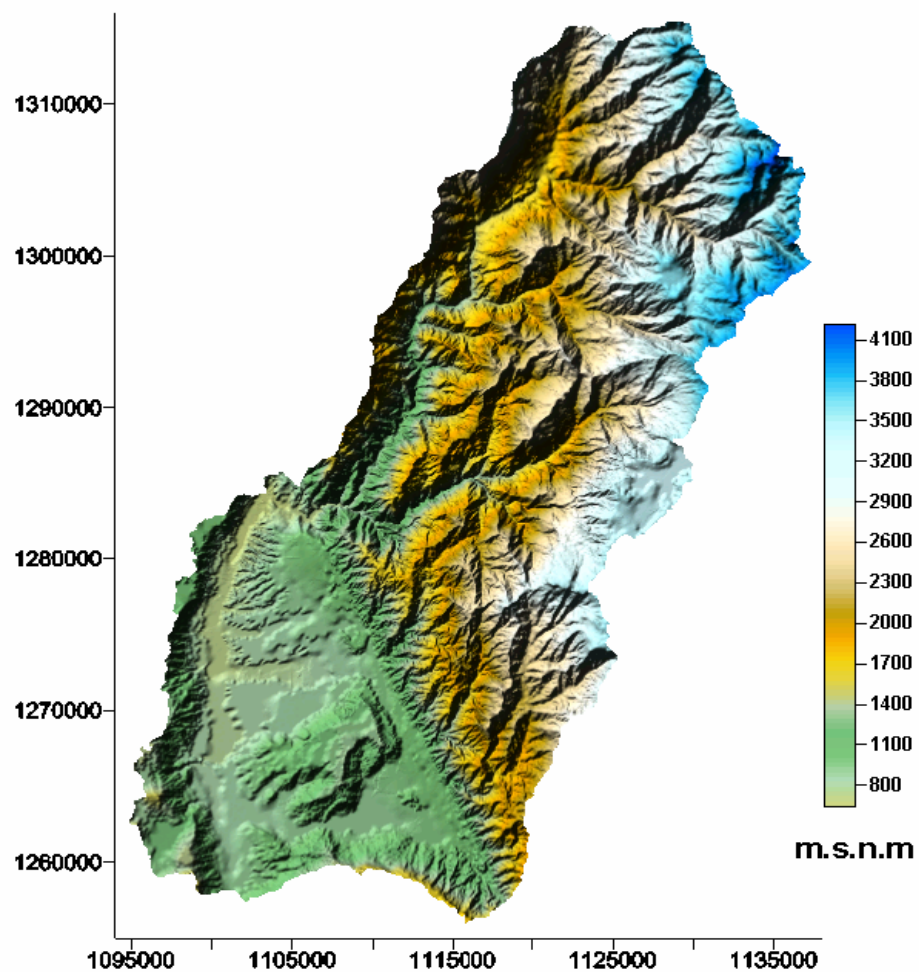
La subcuenca del Río de Oro limita al norte con la subcuenca del Río Suratá y la micro cuenca del Río Tona afluente del anterior, al nororiente con las cuencas del Río Jordán (Cuenca del Río Arauca) y Manco (Subcuenca del Río Chicamocha); al sur occidente con la Subcuenca del Río Sogamoso y al occidente con la Microcuenca de la Quebrada la Angula (C.D.M.B., 2003).

La cuenca del Río de Oro cuenta con un área aproximada de 581.92 Km<sup>2</sup> (cerca del 46% del área C.S.R.L.); en ella se ubican las cabeceras de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón; la cuenca

se divide en el sistema de subcuencas de Río de Oro Bajo, Río de Oro Alto y Río Frío.

Cada uno de los sistemas de subcuencas mencionados anteriormente se divide a su vez en microcuencas donde la microcuenca del río de oro alto compuesta por las microcuencas Grande (1910 Has), Oro Bajo Alto (6861 Has), Oro Bajo Medio (6948 Has), Oro Bajo Bajo (2571 Has), Palmar (2325 Has) y Ruitoque (2490 Has).

**Figura 2. DEM-3D Cuenca Superior del río Lebrija**



## **1.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA**

El Río de Oro nace a una altura de 3500 m.s.n.m. con aportes de cauces conocidos como la Maquina, Cola de Pato y La Lejía entre otros. Sobresale como punto de referencia (divisoria de aguas) el sitio conocido como El Picacho, localizado en el kilómetro 50 de la Vía Bucaramanga – Pamplona (C.D.M.B., 2003). El Río de Oro corre inicialmente al sur, gira en forma de U cambiando su dirección al norte, aguas abajo del área urbana del municipio de Piedecuesta, el río recibe a la quebrada Grande, quebrada Soratá y el río Lato. En la zona del municipio de Girón recibe las aguas del río Frío, quebrada la iglesia, quebrada Chimitá y las corrientes de la escarpa de la meseta de Bucaramanga; para luego unirse con el Río Suratá para formar el Río Lebrija.

Por ser parte de la cuenca del río Lebrija, podría considerarse como buena productora de agua. Sin embargo, lo montañoso del territorio, las fuertes pendientes, la deforestación y la gran actividad humana que allí se desarrolla, no permite el adecuado almacenamiento del agua, ni su disponibilidad con buena calidad. Este hecho agravado además por el excesivo arrastre de sedimentos desde las partes más altas (subcuenca del río de oro alto). (CDMB, 1991)

## **1.2 PRECIPITACION EN LA CUENCA**

En la zona se presenta un sistema bimodal de lluvias con dos periodos secos y dos periodos húmedos, intercalados durante el año, fuertemente influenciado por el movimiento de la zona de convergencia intertropical. El periodo seco inicia a finales de Diciembre y finaliza a finales de Marzo,

mientras el segundo inicia a finales de Junio y finaliza a mediados de Septiembre.

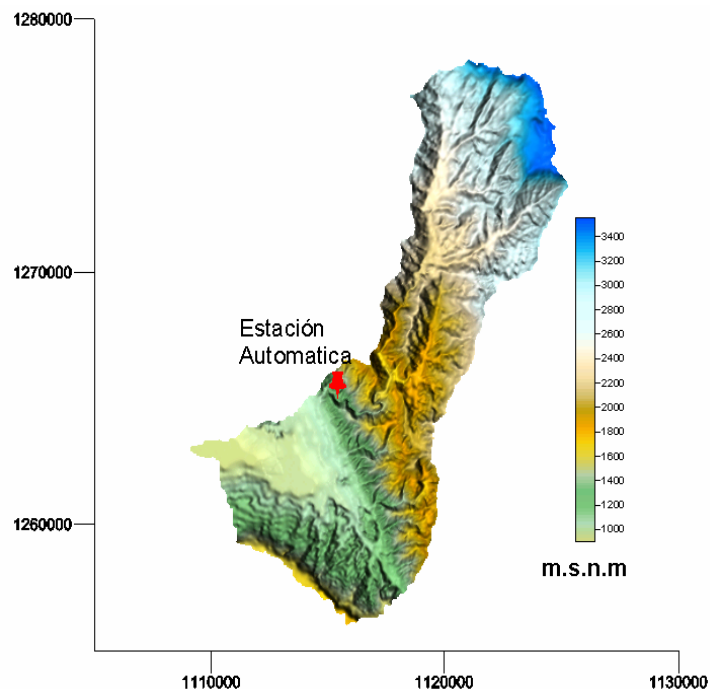
La precipitación es de tipo orográfico y convectivo. Las masas de nubes viajan desde el valle del Magdalena medio hacia el oriente, donde la mesa de Lebrija (1100 m.s.n.m.) actúa a manera de cortina ocasionando que únicamente las masas altas de nubes saturadas logren superarlo. Estas masas de nubes al encontrarse con la cordillera oriental, producen mayor pluviosidad, mientras que la zona inferior del Río de Oro permanece seca. El óptimo pluviométrico en la zona se encuentra alrededor de la cota 1800 m.s.n.m. (Mendoza y Sandoval, 2002).

### **1.3 LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA**

La estación automática está localizada en la microcuenca del Río de Oro Alto en un sitio ubicado en la margen izquierda (subiendo) del Río de Oro, aproximadamente a una distancia de 120 m medidos desde la bocatoma del acueducto de Piedecuesta.

Con datos obtenidos del GPS el punto está ubicado en las coordenadas  $6^{\circ} 59' 39.4''$  N y  $73^{\circ} 02' 11.4''$  W , y una altura de aproximadamente 1105 m.s.n.m (Véase la Figura 3).

**Figura 3. DEM-3D Localización de la estación automática**



El tramo de río donde se montó la estación tiene un tramo recto de 150 m aproximadamente, un ancho promedio de 7 m, pendiente fuerte del cauce, con algunos obstáculos dentro del río aguas arriba: rocas que están entre 0.5 y 1.0 m de diámetro, las orillas son taludes rocosos naturales casi verticales cubiertos por una espesa vegetación típico de esta zona.

#### **1.4 ESTACIONES MAS CERCANAS**

- Estación El Conquistador (Limnimétrica). La entidad encargada de recolectar y manejar la información es el IDEAM. Se encuentra ubicada en el municipio de Piedecuesta en el barrio Cabecera del Llano en inmediaciones de la cancha de fútbol. La estación está localizada en un tramo recto de aproximadamente 80 m de largo y 3.5 m de ancho, no se

observan cambios de pendiente bruscos que puedan causar turbulencias o flujos rápidamente variados. (Ardila y Molina 2003)

- Estación El Rasgón (Limnimétrica). La entidad encargada de recolectar y manejar la información es el IDEAM. En la subcuenca del río de Oro Alto, a 2000 m.s.n.m sobre la quebrada El Rasgón, a 1.5 km aproximadamente de la confluencia de estas dos corrientes, se halla localizada la estación limnimétrica El Rasgón a un costado de la entrada a la finca que lleva su mismo nombre, propiedad de la CDMB. La sección del río en este punto es de 3.6 m, con presencia de rocas medianas y pequeñas, la vegetación en sus riberas está conformada por pastos y cultivos. (Ardila y Molina 2003)

## **1.5 RESEÑA HISTÓRICA DE LA ESTACIÓN**

Hasta el año de 1991 el acueducto de Piedecuesta que en ese entonces estaba administrado por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB) no tenía instrumentos de medición, sólo contaba con la bocatoma, dos sedimentadores pequeños ( 1 y 2 ), una conducción de 14 pulgadas de diámetro y dos tanques pequeños para almacenamiento, todos estos construídos en el año de 1966, el caudal máximo que se podía tomar del río hasta este entonces era de 175 lps el cual abastecía la demanda de la población. Entre los años de 1991 y 1992 fue construida la planta de tratamiento para un caudal máximo de diseño de 525 lps, los diseños y construcción fueron realizados por EMPOSAN que en ese entonces era la corporación encargada de los diseños de las plantas que se construían en el país, también se aumento la capacidad de toma de caudal subiendo 1 m la cota del muro transversal de la bocatoma, se construyó otro sedimentador con más capacidad que los dos anteriores, se instaló una conducción adicional de 18" de diámetro lo que aumentó la capacidad máxima de toma a

525 lps, también en la planta se construyó otro tanque de almacenamiento con más capacidad que los dos existentes (Véase las Figuras 4 y 5).

**Figura 4. Sedimentadores Bocatoma**



**Figura 5. Vista compuerta y muro de la bocatoma.**



En este mismo periodo se instaló un instrumento para medición de niveles (sin nombre) localizado en la margen izquierda (subiendo) aproximadamente 100 metros aguas arriba del sitio de la bocatoma, este medidor es de tipo limnimétrico (mira graduada) de 1 m de altura operado por el Acueducto Metropolitano Bucaramanga (AMB) (Véase la Figura 6).

**Figura 6. Mira localizada 20 m aguas debajo de la estación automática**



Se calibró mediante aforos realizados de 3 a 4 días consecutivos cada trimestre. Los aforos se realizaron en una sección ubicada aproximadamente 10 m aguas abajo del sitio de la mira donde la sección es más ancha (Véase la Figura 7).

**Figura 7. Sitio antiguo de aforación**



Este instrumento de medida fue operado haciendo una lectura diaria, y fue operado hasta cuando se instaló otra mira colocada en el muro del lado entre la compuerta y la rejilla de entrada de la bocatoma, cuyo objetivo es registrar niveles de riesgo para prevención de desastres (Véase la Figura 8).

Los indicadores de riesgo leídos de esta mira son:

- Lecturas menores de 1 m: alerta por represamiento
- Lecturas entre 1.6 y 1.8 m: estado normal
- Lecturas entre 2.3 y 2.8 m: alerta naranja
- Lecturas mayores de 2.8 m: alerta roja

**Figura 8. Mira de prevención**



El registro de mayor cota del agua del río en los últimos años leído en este sitio, cuenta de febrero de 2001, este evento de avenida sobrepasó el límite de lectura, inundando los sedimentadotes y taponando las rejillas de entrada de agua, según declaraciones obtenidas el acueducto hasta el momento no se ha afectado por épocas de estiaje del río, debido la oferta hídrica suministrada por la cuenca es suficiente para satisfacer la demanda en la población, pero ante eventuales fenómenos como el del niño es importante tener registros de los caudales bajos en el río, para estar preparados para tiempos futuros en donde la población se incremente aún más y los niveles del río en épocas secas no alcancen para satisfacer la demanda.

La medición del caudal en la planta se registra con un instrumento llamado caudalímetro, ya que en la bocatoma no se registra el caudal de toma y este se hace es graduando la altura de la compuerta. El caudalímetro consta de un embudo localizado en el sitio donde opera la canaleta parschal el cual

está conectado a un reloj analógico que registra el caudal en lps (Véase la Figura 9).

**Figura 9. Caudalímetro de cono y reloj registrador**



En este registro histórico la empresa de acueducto de Piedecuesta no cuenta con instrumentos para mediciones de nivel que tengan como objetivo relacionar la elevación con el gasto. (información obtenida por la ingeniera Yolanda Otero funcionaria de la Piedecuestana de Servicios y el señor Jesús Castillo, tomero).

## **2. GENERALIDADES DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA**

La medición continua de caudales en corrientes de agua no se realiza en forma directa o instantánea, por el contrario lo que se realiza es la lectura de otros parámetros hidrológicos, como el nivel de agua, que guardan una relación con el caudal la cual se representa en una gráfica llamada curva de gastos o de calibración.

### **2.1 ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CAUDALES**

Son puntos que se ubican en las corrientes de agua con el fin de registrar niveles que se presentan en estas y que por medio de algunos procedimientos se pueden convertir en caudales.

Las estaciones utilizadas en la corriente del Río de Oro y en muchos otros ríos en Colombia para la medición de dichos niveles, son llamadas limnimétricas y limnigráficas.

**2.1.1 Limnímetros.** El nivel de un río es la elevación del agua en una estación medida por encima de un cero arbitrario de referencia. Algunas veces, la referencia utilizada es el nivel medio del mar, pero más a menudo, se toma como referencia un punto ligeramente por debajo del nivel para el cual la descarga es cero. Dado que es muy difícil lograr una medición continua y directa del caudal en una corriente, mientras que es relativamente sencillo lograr un registro continuo del nivel de agua, la información primaria obtenida en una estación para medición del caudal es el nivel del río.

La manera más sencilla para medir el nivel de un río consiste en utilizar una mira, es decir, una escala colocada de tal manera que una parte de ella esté siempre sumergida en el agua. La mira puede ser una escala vertical colocada en una pila de un puente, soporte, muelle u otra estructura que se prolongue verticalmente hasta el canal de aguas bajas de la corriente.

La mira o escala puede pintarse sobre una estructura existente o en una lámina especial, las escalas generalmente están calibradas en metros y centímetros. Cuando se necesitan mediciones bastante exactas, se utilizan miras metálicas esmaltadas.

Los limnímetros son sencillos y poco costosos, pero deben leerse con bastante frecuencia, normalmente se lee la elevación de la superficie cada dos horas en época de crecientes y cada 24 horas en épocas de estiaje, para lograr una buena definición del hidrograma (Linsley Paulus).

**2.1.2 Limnógrafos.** Son aparatos automáticos con el que se obtiene un registro continuo de niveles, se coloca junto a la corriente, conectado mediante un tubo o zanja, o bien dentro de ella, el movimiento de un flotador acciona una pluma sobre una carta de registro. Cuando la pluma alcanza el borde de la carta, su dirección se cambia y su registro se hace en el sentido opuesto. Los limnógrafos de periodos cortos generalmente constan de una carta colocada sobre un tambor que gira mediante el flotador mientras que la pluma se mueve a velocidad constante paralelamente a su eje.

Los computadores digitales ofrecen grandes ventajas para el procesamiento de grandes cantidades de información; y también se utilizan registradores que perforan los niveles en cintas a intervalos fijos (usualmente 15 minutos), la cinta se puede leer, verificar y convertir a caudal mediante equipo electrónico.

Los registradores flotador se instalan generalmente en una caseta de protección localizada sobre un pozo de aquietamiento, el pozo sirve para proteger el flotador y los cables del contrapeso de desechos flotantes así como para eliminar las fluctuaciones debidas a las ondas superficiales de la corriente. Por lo general se instalan dos o más tubos de conexión entre el pozo y la corriente de tal manera que al menos uno de ellos permita la circulación del agua en cualquier momento. Si se instala un pozo con fondo cerrado en una corriente con una gran carga de sedimentos, es necesario tomar medidas para la limpieza de los sedimentos que se van a acumular dentro de él, en muchas partes se acostumbra instalar miras limnimétricas dentro y fuera del pozo para verificar el funcionamiento del aparato registrador (Linsley Paulus).

## **2.2 SISTEMAS DE REGISTRO AUTOMÁTICO**

La mayoría de tipos de indicadores pueden ser adaptados para grabación automática excepto por el nivel fijo de planta y los niveles de la cresta de la inundación, la cuál requiere observación directa. El flotador funciona niveles y los lectores de presión son usualmente metidos en pozos que aquietan las fluctuaciones causadas por las ondas y la turbulencia, y dan protección para el sensor. Normalmente, un medidor es colocado cerca para grabar los niveles para permitir la comparación de lecturas directas y las etapas registradas. Para grabar / registrar los pozos tienen ambos propósitos, mecánicos así como también los sistemas electrónicos pueden ser usados.

Los registradores mecánicos están subdivididas en registradores analógicos y registradores digitales, que pueden ser hechos apara operar sin atenderlos para períodos desde un par de semanas hasta varios meses. Las registradores mecánicas Analógicos (los registradores de tambor de escribiendo en papel) dan información continua. Los registradores mecánicos

digitales (por ejemplo los registradores tipo punzón) dan la información preseleccionando los intervalos de tiempo.

Los sistemas electrónicos están subdivididos en registradores de datos y sistemas telemétricos. Los registradores de datos almacenan los datos en una memoria electrónica en la estación calibradora para un cierto período. En los sistemas de telemonitoreo los datos coleccionados son transferidos hacia una computadora central, una vez por día o en el tiempo real, para la transmisión especial de líneas, la línea telefónica pública, por radio o satélite. (Boiten W. 2000)

**2.2.1 Selección del medidor automático.** La selección del tipo del sistema de medidor de nivel, se basa en consideraciones técnicas y económicas. Es obvio que son más costosos los registradores automáticos continuos que deberían ser escogidos solamente cuando la información continua sea necesaria, o para estaciones remotas donde la lectura diaria es difícil.

El medidor fijo es relativamente barato y fácil para instalar, pero el hecho que las observaciones reales sean requeridos, que los sueldos de los operarios deben ser pagados y que los errores humanos deberían ser introducidos, deben ser tomados en consideración.

Para la operación de largo plazo, normalmente los registradores automáticas continuos son seleccionados. Sin embargo, la instalación de estos sistemas es sólo factible si los técnicos expertos están disponibles para inspeccionar y reparar el registrador en poco tiempo (Boiten W. 2000)

## **2.3 REGISTRADORES MECÁNICOS ANALÓGICOS**

Los registros analógicos o autográficos del registrador mecánico suministran registro continuo, este registra en un papel el caudal de agua con respecto al tiempo. Si el registrador está conectado para un flotador operando a nivel, luego el movimiento del flotador se convierte en un movimiento de la pluma, lo cual está registrado en una tira del escrito arreglado para un tambor rotativo y se cambio por un sistema de cuerda, así creando una línea continua en escrito. Usualmente, el elemento de altura de nivel mueve la pluma o el estilete del lápiz y el elemento de tiempo mueve la gráfica.

En el sistema métrico, el rango de escalas de altura de nivel es de 1:1 para 1:50. Las escalas comunes de la grabación son 1:1, 1:2,5, 1:5, 1:10 y 1:20. Los períodos de tiempo varían según el diseño de la gráfica, pero no deberían ser menos de 48 mm para 24 horas. Algunos registradores mecánicos analógicos puede registrar un rango ilimitado en la etapa por la rotación ilimitada del tambor. (Boiten W. 2000)

## **2.4 REGISTRADORES ELECTRÓNICOS**

El registrador de datos es el sucesor electrónico del registrador en papel escrito para la medida y el registro de parámetros hidrológicos.

Medir valores - como una presión o la colocación de un flotador, es convertido en señales electrónicas (ordenador no digital o digital). Comúnmente están estandarizados para uso del rango estándar del 0-20 y 4-20 de miliamperios. Los datos medidos son almacenados en una memoria de estado sólido reusable. Los circuitos electrónicos son diseñados para el consumo bajo de energía (suministrado por baterías). Esto hace registradores de datos ideales para la aplicación en sitios remotos. (Boiten W. 2000). (traducido por los autores).

## 2.5 SENSORES DE PRESIÓN TIPO DIVER Y BARODIVER

En el tubo limnigráfico se instaló un Diver (DI241) sumergido en el agua para monitoreo y almacenamiento de datos de nivel y temperatura de agua. Memoria de 24000 mediciones, rango de presión de 10 m, también se instaló un instrumento para medir presión atmosférica llamado Barodiver (DI250) este suspendido en el aire. (Véase las Figuras 10 y 11). Estando el sitio de instalación localizado en río de montaña el rango que mide este instrumento es suficiente para registrar los niveles más altos que se puedan presentar. El principio de funcionamiento de medida de presión del instrumento es como sigue:

$$PW = (Pb + Pw) - Pb$$

PW = presión de la columna de agua

(Pb + Pw) = medida obtenida del Diver

Pb = presión medida por Barodiver

**Figura 10. Detalle conexión del Diver**



**Figura 11. Detalle conexión Barodiver**



**2.5.1 Generalidades de los registradores electrónicos Divers.** Los Diver están diseñados para realizar medidas y registrar los resultados en un pozo de monitoreo. Hay diversos tipos de Diver, disponibles para medir nivel y calidad del agua: El TD Diver, El CTD Diver y el OTD Diver.

TD Divers : miden el nivel y temperatura del agua.

CTD Diver : mide la conductividad eléctrica, nivel de agua y la temperatura.

OTD Diver : mide el contenido de oxígeno disuelto, Nivel de agua y temperatura.

BaroDiver es utilizado para medir variaciones de presión atmosférica.

Así como el Barodiver (DI250) para medir la presión atmosférica, hay cinco modelos TD Diver para medir niveles de agua:

- Para 5 metros (DI240)
- Para 10 metros (DI241)
- Para 20 metros (DI242)
- Para 30 metros (DI243)
- Para 100 metros (DI245)

**Tabla 1. Especificaciones de los Modelos.**

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Díámetro Exterior                       | 22 mm                        |
| Largo (Incluyendo el ojo de suspensión) | 125 mm                       |
| Peso Aproximado                         | 160 gramos                   |
| Clase de Protección                     | IP68                         |
| Temperatura de Almacenamiento           | - 20 ° C a 80 ° C            |
| Comunicación                            | RS232 (Opticamente Separado) |

### Continuación Tabla 1. Especificaciones de los Modelos.

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Memoria                 | 24000 medidas<br>(memoria no volátil) |
| Estimación del Registro | 0,5 segundos a 99 horas               |
| Vida de la Batería      | 8 años dependiendo del uso            |
| Capacidad de la Batería | 2'000,000 de medidas                  |
| Exactitud del Reloj     | Mejor que 2 segundos al día a 25 °C   |
| Numero de Informe       | 01C00089CRT01                         |

#### El material.

- Parte exterior, acero inoxidable 316L , ( material. # 1.4404)
- El Sensor de presión está hecho de óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ )
- El ojo de suspensión está hecho de Akulon (fibra de vidrio - reforzado)

El TD Divers es siempre activo. La fuga actual de la batería interna depende de la temperatura. Al mantener al Diver a una alta temperatura o transportarlo por largos periodos de tiempo, esto puede acortar la vida de la batería.

La exactitud del reloj depende de una variedad de factores. Cuando es usado a temperatura diferente, la exactitud del reloj es aumentada por un factor de - 0.04 ppm por la diferencia entre esa temperatura y 25 ° C .

**Tabla 2. Especificaciones para aire y la medida de presión de agua que difieren de Diver a Diver.**

|                            | <b>DI240</b>      | <b>DI241</b>      |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Rango                      | 950 - 1,450 cm wc | 950 - 1,950 cm wc |
| Rango Calibrado            | 500 cm wc         | 1,000 cm wc       |
| Rango Utilizable           | 400 cm wc         | 900 cm wc         |
| % De Exactitud             | ± 0,1 % typ, @ ot | ± 0,2 % max, @ ot |
| Estabilidad De Largo Plazo | ± 1 cm            | ± 2 cm            |
| Resolución                 | 0,1 cm            | 0,2 cm            |
| Presión Máxima             | 1,000 cm wc       | 2,000 cm wc       |

**2.5.2 Nivel de agua.** Todos los Divers determinan la altura de una columna de agua midiendo la presión del agua con un sensor de presión incorporada. Mientras el Diver es flotante, mide la presión atmosférica, como un barómetro. Una vez bajo el agua, la presión de agua es un factor añadido: Mientras más alta la columna de agua, más alta la presión, puesto que la densidad específica del agua es conocida, la presión medida puede usarse para establecer la altura de la columna de agua por encima del sensor de presión en el Diver.

Las variaciones en la presión del aire influyen las medidas. Un Barodiver es usado en cada área medidora para medir estas variaciones de presión atmosférica. Compensando estas variaciones de presión atmosférica toma lugar simplemente y rápidamente la ayuda del paquete de software LoggerDataManager (LDM).

Los valores compensados pueden estar relacionados a un punto de referencia, como el borde superior del pozo de monitoreo. Para hacer eso,

se tiene que medir el nivel de agua en relación al punto de referencia requerido. Esto se puede hacer cuando el Diver inicia medida, por ejemplo. Una vez que el Diver es subido e instalado, es importante para la medida del manual estar agarrado en más o menos al mismo tiempo que la medida del Diver. Si los tiempos varían mucho, hay un riesgo que las diferencias entre la medida del Diver y la medida del manual reflejan fluctuaciones en el agua.

**2.5.3 Temperatura.** Todos los Diver miden temperatura del agua. Esto puede aportar información en los flujos de agua subterránea, por ejemplo, facultando la determinación de la extensión de (contaminada).

La temperatura es medida usando un sensor semiconductor. La temperatura no es solamente registrada, se usa también para compensar las medidas del sensor de presión para las influencias de temperatura. (manual, traducido por los autores).

### **3. SELECCIÓN DEL SITIO**

Si el objeto de la estación es únicamente el registro del nivel de agua para prevenir crecientes o una ayuda a la navegación, el factor primordial es la accesibilidad. Si la estación se utiliza para obtener en registro de caudal, se debe seleccionar cuidadosamente el lugar en el cual se va a colocar. La relación entre el nivel y caudal es controlada por las características físicas del canal aguas debajo de la estación. Cuando las características que controlan están situadas en un tramo corto del canal, se desarrolla una sección de control. Si la relación caudal- elevación está gobernada por la pendiente, tamaño y rugosidad del canal en un tramo considerable, la estación estará bajo control del canal. El control ideal para aguas bajas es una sección que consiste de rápidos o caídas. Si dicho control está en roca, se puede considerar permanente y una vez calibrado será necesario verificarlo muy rara vez (Linsley Paulus).

#### **3.1 CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL SITIO**

Para la ubicación de las estaciones se debe cumplir algunos requisitos que garanticen la veracidad de los datos tomados, como los mencionados a continuación (Joya et. al., 1998).

- Tramo de corriente recto, de orillas paralelas en por lo menos cinco veces el ancho.
- Tramo de río sin cauce mayor inundable.

- Tramo de cauce sin irregularidades ni obstrucciones, sin bloques de piedra o vegetación, de perfil longitudinal sin escalones, de pendiente uniforme y reducida, de flujo uniforme sin remolinos.
- Estabilidad del lecho de la corriente, tanto en perfil longitudinal como en perfil transversal.
- Ausencia de confluencias cercanas y especialmente lo más lejos posible, hacia aguas arriba, de las desembocaduras que pudieran producir remanso.
- Acceso fácil por vía terrestre o navegable.
- Preferiblemente sitio con puente de carretera.
- Sitio en que las actividades humanas no produzcan cambios, ni en el cauce del río, ni en el régimen hidrológico de este.

Sitio en el cual sea posible la construcción de las estaciones hidrométricas necesarias para ejecutar las observaciones y mediciones programadas.

### **3.2 DISEÑO DEL TUBO LIMNIMÉTRICO**

Para este diseño se tuvo en cuenta una serie de parámetros entre los cuales tenemos:

- Seguridad de la estación
- Nivel del cauce
- Localización
- Durabilidad

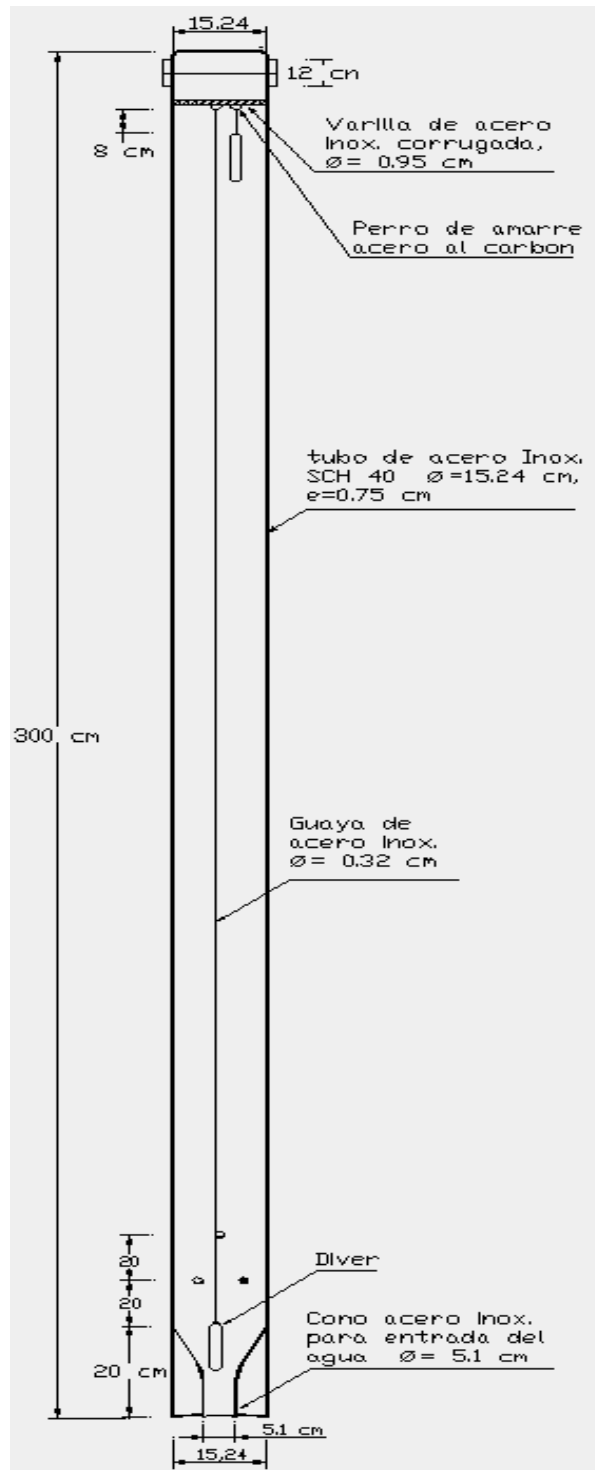
La estación consta fundamentalmente de un tubo de acero inoxidable abierto y cilíndrico SCH 40 ( 6 pulgadas de diámetro interno y un espesor de 7.5 mm) de 3m de longitud. Esta longitud se estimó teniendo presente que el instrumento para la medición de la variación de la presión atmosférica colocado hacia la parte superior del tubo, en ningún caso este sumergido en el agua.

El tubo se perforó hacia la parte inferior para permitir la entrada horizontal de flujo de agua, los orificios se hicieron de 15 mm de diámetro, distribuidos uniformemente en el plano horizontal e intercalados en dos filas, a una distancia de 300 mm del borde del tubo y de 100 mm entre fila y fila, a 5 cm del extremo superior del tubo y al interior del mismo se colocó una varilla de 3/8", longitud igual a la del tubo para desde punto suspender los instrumentos de medición (Véase la Figura 12).

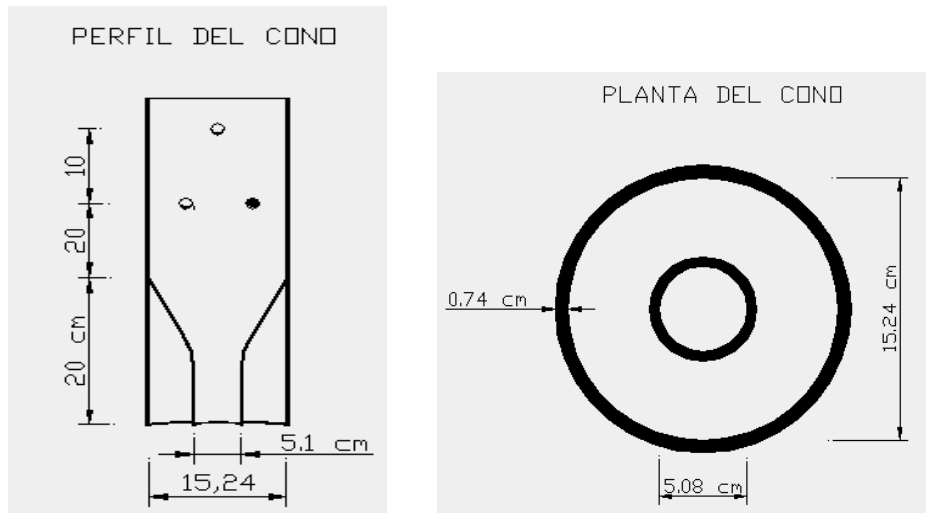
Para la entrada de agua por debajo del tubo, a este se le adaptó una sección en forma de embudo que trabaja como disipador de energía y así el agua entre dentro del tubo a una velocidad baja para tener una mejor estabilidad del nivel. Las dimensiones son: 6" diámetro mayor, 2" diámetro menor, y 8" de altura, hecho de acero inoxidable (Véase la Figura 13).

La tapa fabricada en acero inoxidable, de forma cilíndrica con dos agujeros en la parte superior para permitir la entrada de aire y así no tener presiones diferentes a la atmosférica en la superficie del agua dentro del tubo. localizada en la parte superior del tubo se diseño en primer lugar para facilitar el montaje y posterior manipulación de los equipos, también se tuvo en cuenta darle seguridad, es decir que no sea fácil de abrir, la tapa está enroscada al tubo, como segunda medida se necesitan de dos herramientas hechas exclusivamente para los encargados de tener acceso al interior de la estación (Véase la Figura 14)

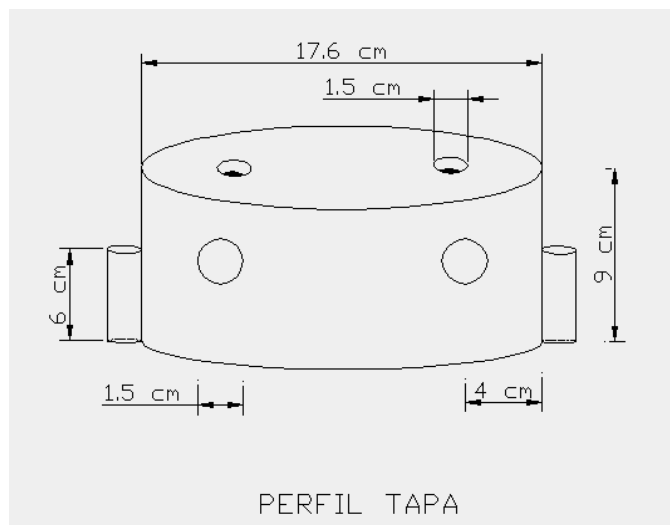
Figura 12. Detalle del tubo limnigráfico



**Figura 13. Detalle del cono**



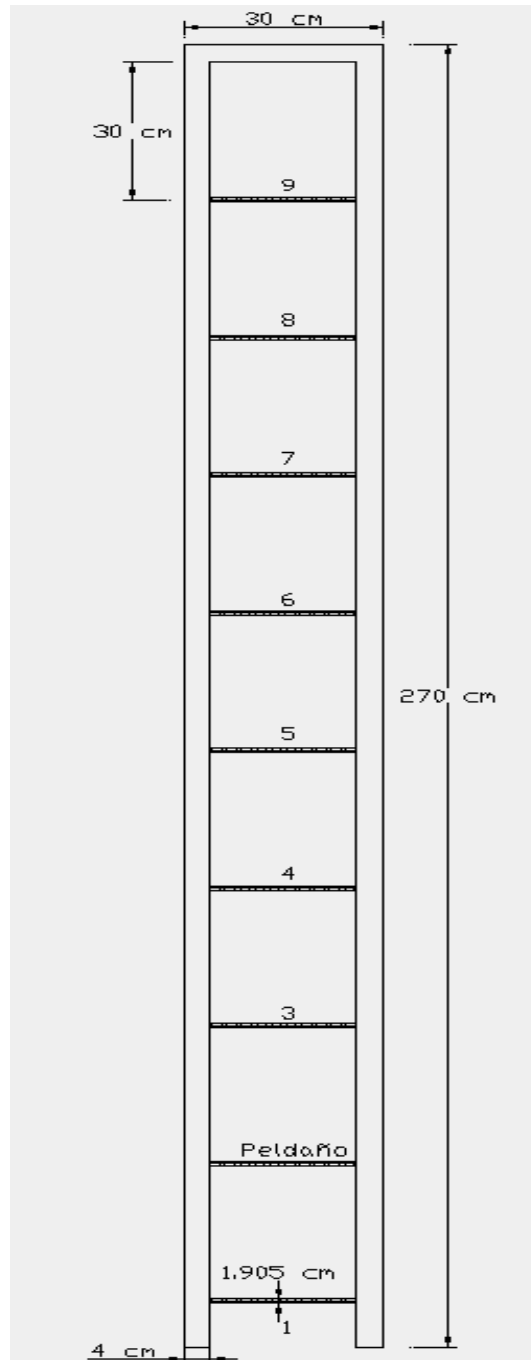
**Figura 14. Detalle de la tapa**



La escalera está unida al tubo con soldadura por una conexión en media luna, se construyó formando una cercha, con ángulos  $1\frac{1}{2}'' \times 1\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{8}''$  en el eje longitudinal unidos transversalmente por espárragos de  $\frac{3}{4}''$  de diámetro separados cada 300 mm de peldaño a peldaño y dando una longitud total de

5700 mm. Dicha escalera es utilizada para tener acceso para abrir la tapa y también sirve de apoyo en el fondo del río (Véase la Figura 15).

**Figura 15. Detalle escalera**



### 3.3 ANCLAJE DE LA ESTACIÓN

El tubo fue anclado al talud formado por un sistema rocoso origen ígneo la cual se encuentra en estado sano, es decir con muy poca meteorización.

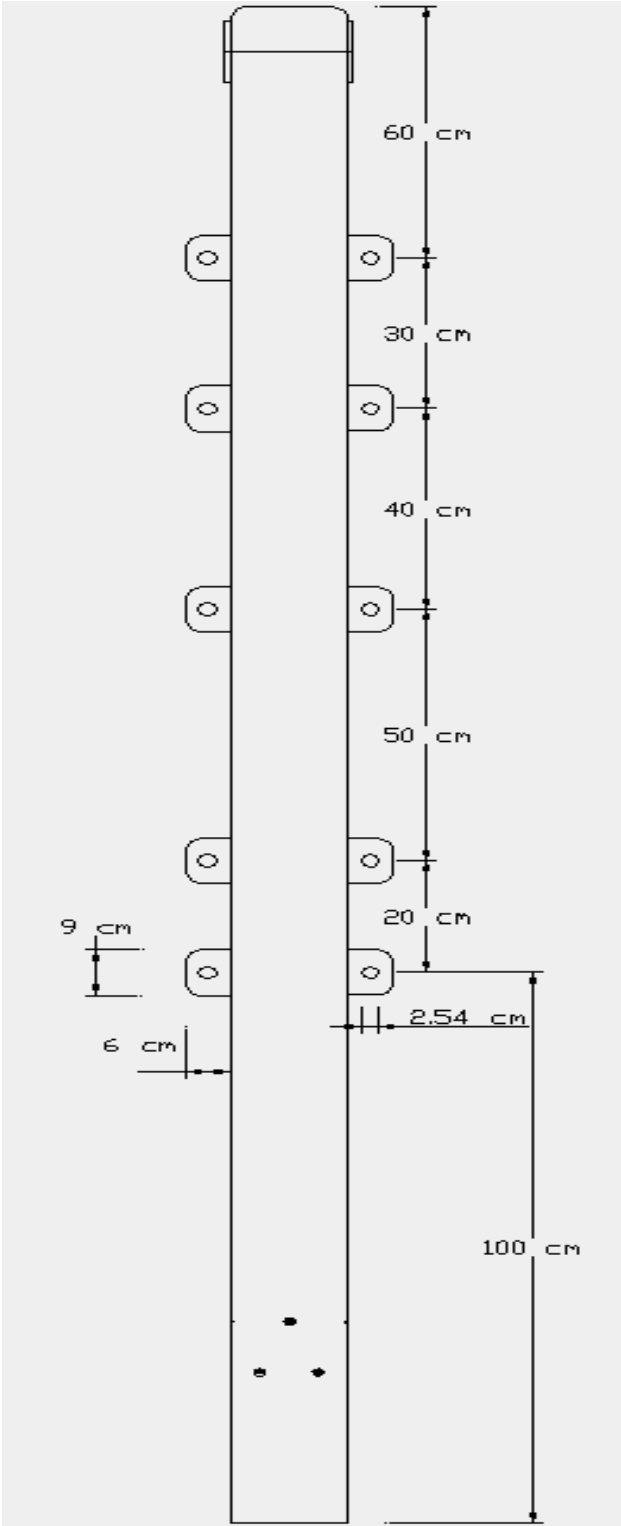
Se hicieron 8 perforaciones en la roca con un taladro de 1 1/4 pulgadas de diámetro a una profundidad de 18 cm cada uno para igual número de pernos de 1 pulgada de diámetro, colocados en 5 filas separaciones de 50 cm 40 cm 30 cm y 20cm una de la otra. Estas separaciones no fueron uniforme debido que el talud presenta irregularidades (Véanse las Figuras 16 y 17).

**Figura 16. Detalle del anclaje a la roca**



Los pernos tienen una superficie corrugada en el lado del anclaje para mejor adherencia con el epóxico (el epóxico usado fue HILTI HIT – RE - 500 ) y superficie en roscadura para la conexión de los pernos al tubo, este se hizo en un sistema de doble atornillamiento (tornillos ajustados por los dos lados) fijados a las pestañas soldadas al tubo y esto facilitó la nivelación del tubo en el sitio.

Figura 17. Detalle del anclaje



#### 4. MÉTODO UTILIZADO PARA AFORAR CORRIENTES

El método más común usado para aforar corrientes es la de relación sección-velocidad, el cual consiste básicamente en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal y después calcular el caudal por medio de la ecuación de continuidad. Para determinar el caudal no es suficiente medir la velocidad en un solo punto sino es necesario dividir la sección transversal del cauce en varias sub-secciones llamadas dovelas (Aparicio).

El número de puntos en los cuales se debe medir la velocidad debe limitarse a aquellos que se puedan realizar dentro de un tiempo razonable, especialmente si el nivel está cambiando rápidamente, puesto que es deseable completar la medición con un cambio mínimo en el nivel. Ninguna sección debe incluir más de aproximadamente el 10% de la descarga total; por lo tanto, un número típico de secciones será de 20 a 30 dependiendo del ancho del río. La velocidad varía aproximadamente como una parábola, desde cero en el fondo del canal hasta un máximo en (o cerca) la superficie del agua (Linsley Paulus).

El caudal que pasa por una dovela es:

$$q_i = a_i * v_{mi}$$

$a_i$  = área de la dovela  $i$ .

$v_{mi}$  = velocidad media de la misma dovela.

la velocidad media se puede tomar como la medida a una profundidad de  $0.6 Y_i$  aproximadamente cuando  $Y_i$  no es muy grande (donde  $Y_i$  es el tirante medido al centro de la dovela ), en caso contrario conviene tomar al menos dos medidas a profundidades de  $0.2 Y_i$  y  $0.8 Y_i$  ; así la velocidad media es:

$$v_{mi} = \frac{v_{20} + v_{80}}{2}$$

donde  $V_{20}$  y  $V_{80}$  son las velocidades medidas a  $0.2 Y_i$  y  $0.8 Y_i$  respectivamente. Cuando  $Y_i$  es muy grande puede ser necesario tomar tres o más lecturas de velocidad en la dovela. Entonces el caudal total  $Q$  será igual a la sumatoria de los caudales de cada una de las dovelas.

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i$$

$n$  = número de dovelas.

Los aforos se realizaron en dos sitios diferentes, el primero en el punto donde se instaló la estación y el otro en la sección de la mira ubicada 15 m aguas abajo (Véase la Figura 18).

El número de dovelas tomadas en el primer sitio fueron 11, de las cuáles 10 de 0.5 m de ancho y la otra un poco más larga dependiendo del nivel del cauce, en el sitio 2 se dividió la sección en 12 dovelas, de las cuáles 11 de 0.5 m de ancho y la otra variable dependiendo del nivel del cauce, los formatos de cálculo de caudal (Véase el Anexo B).

#### **4.1 INSTRUMENTO UTILIZADO PARA LOS AFOROS**

La velocidad del agua se mide con unos aparatos llamados molinetes, que tienen una hélice o rueda de aspas que gira impulsada por la corriente y mediante un mecanismo eléctrico, transmiten por un cable el número de revoluciones por minuto o por segundo con que gira la hélice. Esta velocidad angular se traduce después a velocidad del agua usando una fórmula de calibración que previamente se determina para cada aparato en particular. Para los aforos de la corriente se utilizó el molinete del laboratorio de

Hidráulica de la Universidad, se trabajó con la hélice 2 (Véase la Figura 19). La cuál está calibrada con dos fórmulas dependiendo del número de revoluciones por segundo de la hélice.

**Figura 18. Sitios de aforo**



**Figura 19. Detalle del micromolinete**



- Si  $N$  (revoluciones/ sg)  $\leq 5$  , entonces la velocidad en (m /sg) es igual a:

$$v = 0.1043 * N + 0.02$$

- Si  $5 < N$  (revoluciones/ sg)  $\leq 19.36$  , entonces la velocidad en (m /sg) es igual a:

$$v = 0.1021 * N + 0.023$$

(Ver referencia de la hélice en el Anexo C)

**4.1.1 Errores en las mediciones de: velocidad media del flujo y la profundidad.** Aparte del error instrumental, el error en la medida de la velocidad media del flujo, se consideran tres tipos de errores

- Error tipo I:  $\sigma_f$  (medición del tiempo), debido a la restricción de la medida del tiempo del punto local de velocidad en la vertical. Tomar una medida en un tiempo de 30 sg para velocidades altas o un tiempo de 60 sg para velocidades bajas, el error alcanza como aceptable el mínimo valor. La fluctuación aleatoria del error  $\sigma_f$  depende además ligeramente del número de puntos en la vertical.
- Error tipo II:  $\sigma_s$  (número de puntos  $n$  en la vertical), partiendo del uso de un número restringido de puntos en la vertical. El cálculo de la velocidad media en la vertical es por lo tanto una aproximación de la verdadera velocidad media en la vertical. Generalmente la velocidad media del flujo es calculado por el uso de uno de los métodos existentes. Estos métodos dan como resultado una aproximación de la velocidad media exacta en un cierto tiempo. La clase del perfil de velocidad es suficientemente fijo para medidas de 3 puntos. El resultado puede ser mejorado incrementando el tiempo total de medida.

Los valores de  $\sigma_f$  son por lo tanto combinados con estos errores tipo II como una función de el número de puntos  $n$  en la vertical (Véase la Tabla 3).

**Tabla 3. Combinación de los errores I y II**

| N° | Método o Norma  | No. de Puntos<br>$n$ | Desviación estándar del Error medio $\sigma_f+s$ (%) |
|----|---|----------------------|--|
| 1  | $V_{prom} = V_{0.6}$  | 1                    | 8.2  |
| 2  | $V_{prom} = 0,96* V_{0.5}$  | 1                    | 6.5  |
| 3  | $V_{prom} = 0,5*( V_{0.2} + V_{0.8})$   | 2                    | 4.9  |
| 4  | $V_{prom} = 0,25* V_{0.2} + 0,5* V_{0.6} + V_{0.8}$                                   | 3                    | 4.8  |
| 5  | $V_{prom} = 0,25*(V_{0.2} + V_{0.4} + V_{0.7} + V_{0.9})$                             | 4                    | 3.0  |
| 6  | $V_{prom} = 0,1* V_{sup.} + 0,3*V_{0.2} + 0.2* V_{0.6} + 0.3*V_{0.8} + 0.1*V_{fondo}$ | 5                    | 2.7  |

Nota:  $V_{0.6}$  es la velocidad medida a 0.6 de la profundidad, medida desde la superficie del agua.

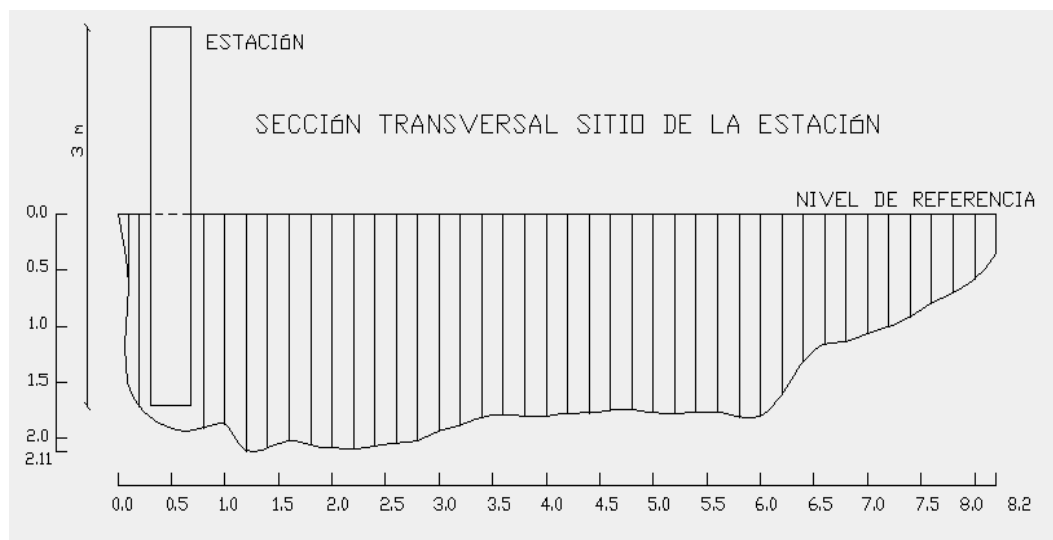
- Error tipo III: ( $\sigma_d$  y  $\sigma_h$ ), debido a la aproximación de la interpolación de el perfil vertical ( $\sigma_d$ ) y la distribución de la velocidad horizontal entre las verticales ( $\sigma_h$ ). En la práctica, ambos factores generalmente ocurren simultáneamente la medida de la velocidad del flujo y la profundidad, tiene lugar en un número restringido de verticales localizadas en la sección transversal. La selección del número y del ancho de las verticales está principalmente basados a criterio personal, tomando en cuenta la forma de los perfiles en la sección transversal. En general es conocido que la selección de muy pocas verticales, podría llevar a un considerable error. Para escoger el número de verticales se debe tener en cuenta un

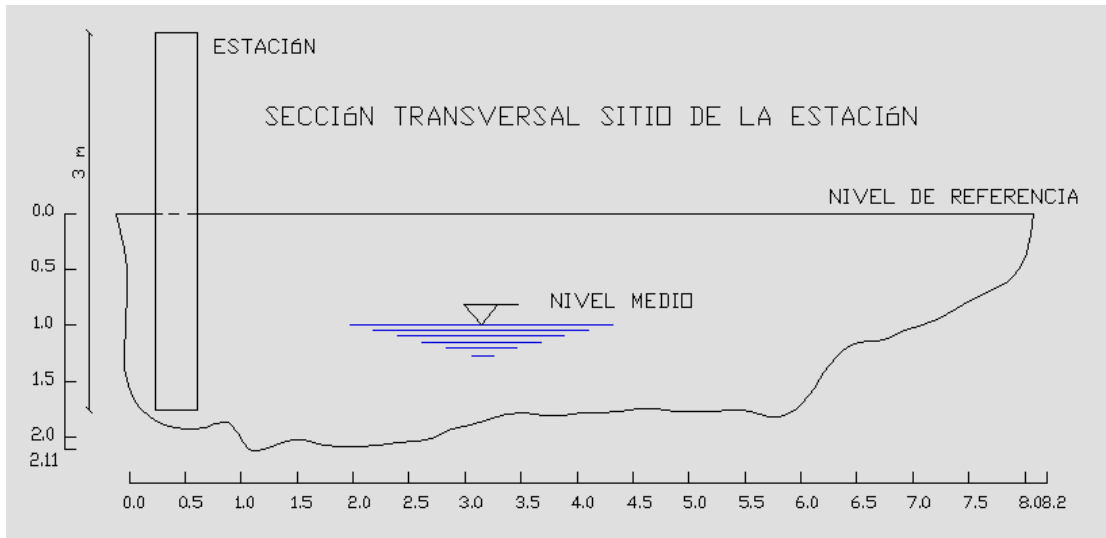
criterio: el número de verticales es decidido de antemano y estas están espaciadas igualmente en el ancho. Pero en secciones transversales donde las variaciones en el perfil y la distribución de la velocidad horizontal es gradual, igual descarga en varias secciones es aproximado. (Boiten W)

#### 4.2 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL SITIO DONDE SE MONTÓ LA ESTACIÓN

La topografía de la sección transversal del río se realizó tomando un nivel de referencia medido a 1.22 m bajo el extremo superior de la tapa del tubo de la estación. La longitud a este nivel se dividió en 40 subsecciones, 36 de 0.2 m, 3 de 0.1 m y 1 de 0.6 m de ancho (Véase la Figura 20). Las alturas de división para cada sección se midieron utilizando un jalón, nivel y una cinta métrica aproximando la medida al centímetro.

**Figura 20. Gráfica sección transversal sitio estación automática**





El nivel de referencia tomado para la sección transversal obtenida es suficiente para cubrir niveles bajos, medios y altos que se pueden presentar en el río. Es importante tener en cuenta que Los cambios de la sección producidas por erosión o cambio del cauce no serán notorios con el tiempo, pero se pueden presentar pequeños cambios en la sección causados por la sedimentación de arena en el centro de la sección en donde la velocidad del flujo es baja como consecuencia de la presencia de un obstáculo (una roca de aproximadamente 0.5 m de diámetro), ubicada pasos arriba del sitio.

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados almacenados por los Diver se procesan por el software LoggerDataManager (LDM), este programa puede ser usado por todo tipo de Diver, se puede leer afuera los datos registrados por los Diver, se pueden imprimir o sacar los datos para una variedad de formatos del archivo para mover el sistema con otro software. Inicialmente se programaron los instrumentos el Diver y el Barodiver para que registraran datos de presión y temperatura cada minuto, con lo cuál se obtuvieron datos de temperatura del

agua y presión total obtenidos del primer instrumento, temperatura ambiente y presión atmosférica obtenidos del segundo. Cada uno de estos registros con la fecha y hora (Véase el Anexo F).

#### **4.4 CURVA DE CALIBRACIÓN**

La curva de calibración se construyó con los datos obtenidos de los Diver: la altura de la columna de agua medida desde el nivel de referencia (el sensor de presión del Diver), que es igual a la diferencia entre la presión leída del Diver y la presión atmosférica leída del Barodiver, estos valores en (cm) se ubican en la ordenada. En la abcisa se tabulan los datos de caudal en obtenido de los aforos hechos en el sitio, entonces para cada nivel registrado habrá un caudal diferente (Véase el Anexo G)

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos de los instrumentos programados para registrar valores cada minuto, se puede concluir que:

- En tiempo lluvioso la temperatura del agua generalmente es mayor que la temperatura ambiente del sitio donde se encuentra ubicada la estación, la temperatura del agua muestra cambios considerables en un tiempo relativamente corto mientras la variación de la temperatura ambiente no es muy considerable, es decir tiene tendencia a permanecer constante en un intervalo de tiempo corto.
- En tiempo seco la temperatura ambiente es siempre mayor que la del agua, mostrando una relativa uniformidad durante el día, la variación entre estas temperaturas es mayor en las horas del medio día y en la tarde, llegando hasta una diferencia máxima de 6 °C, Mientras que en horas de la noche hasta aproximadamente las 9:00 a.m esta variación es menor con un valor mínimo de aproximadamente 0.5 °C.
- La variación en la presión atmosférica registrada por el Barodiver no es muy considerable, durante el día tiende a disminuir registrando los valores mínimos en horas del medio día o en la tarde, mientras en horas de la noche y la madrugada se registran los valores máximos. En una semana de tiempo seco se registró una presión atmosférica máxima de 914.3 cm y una mínima de 905.9 cm.
- El nivel de la columna de agua dentro del tubo limnigráfico es afectado un poco por las fluctuaciones del nivel del río afuera de él, ya que el flujo en este sitio y en general en toda esta parte del río es muy inestable, por

esta razón el nivel registrado es una buena aproximación del verdadero nivel en que se encuentra el cauce.

- Partiendo de los resultados de la columna de agua dentro del tubo obtenidos en una semana en la que no se presentaron precipitaciones, se puede deducir que la profundidad a la cuál se encuentra el Diver es suficiente para registrar los niveles más bajos que se presenten durante una época de sequía, teniendo en cuenta también que la estación fue instalada en la parte más profunda de la sección transversal.
- El nivel dentro del tubo no es estable, ya que los datos obtenidos cada minuto varían en cada registro hasta 2 cm, lo cual nos muestra que el nivel sube y baja continuamente.
- La línea de tendencia que mejor ajustó los datos fue la logarítmica con un coeficiente de correlación igual a 0.85.
- La curva de calibración es confiable en el intervalo de 1.5 a 3.0 m<sup>3</sup>/sg, para caudales mayores a 3.0 y menores de 1.5 no se recomienda debido a que el ajuste de la curva se hizo para caudales medios.

## OBSERVACIONES

- Se recomienda para el adecuado funcionamiento de los Diver, cada vez que se descargue la tarjeta de memoria de los instrumentos, enjuagarlos con agua limpia especialmente alrededor de los huecos de circulación, limpiarlos utilizando una tela suave para remover cualquier escama, nunca use cepillos duros, abrasivos u objetos afilados para limpiarlos. Si el Diver está muy sucio entonces use una solución altamente diluida de ácido acético o fosfórico.
- Hacer mantenimiento al tubo limnigráfico como pintarlo periódicamente, también revisar de que los canales de entrada de agua no estén taponados con hojas, palos o cualquier otro objeto de suspensión en el agua, los agujeros para respiración del tubo deben estar libres de cualquier taponamiento que afecte el normal funcionamiento de la estación.
- Las posibles causas de error obtenidas en la aforación fueron: cambio de operador, calibración de la hélice ya que este instrumento de medida está calibrado en condiciones de laboratorio, en la medida del área de la sección también debido a que el flujo no es estable y la profundidad presenta ondulaciones. Para la obtención de resultados en el futuro se recomienda utilizar otro instrumento de mejor precisión.
- La curva de calibración se puede ajustar mejor incluyendo registros de valores altos de caudal.

## BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, M. Aplicación del modelo hidrológico conceptual nam precipitación esorrentía en la cuenca del Río de Oro. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

APARARICIO, F. Fundamentos de hidrología de superficie. Noriega editores Limusa, 1987. p. 45-46.

ARDILA A., Molina. Estudio de series de tiempo de caudales medios mensuales de la Cuenca Superior del Rio Lebrija. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2003

BOITEN, W. Hidrometry, Balkema, Róterdam printed in the Netherlads. 2000, p. 14-19, 88-91

JOYA, L.; PÉREZ, Z; REYES, E. y STRAUCH, M. Inventario del Recurso Hídrico Superficial en el Departamento de Santander. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1998, p. 8,9.

LINSLEY KOHLER, P. L., 2002. Hidrología para ingenieros. 2 ed., 2002. p. 89-93

Manual DIVER by Van Essen Instruments. Netherlands: September 2004. Disponible en Internet: <URL:<http://www.vanessen.com>>

# **ANEXOS**

## **Anexo A. Convenio celebrado entre la Piedecuestana de servicios y la Universidad Industrial de Santander.**

### **CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL CELEBRADO ENTRE LA PIEDECUESTANA DE SERVICIOS Y LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER "UIS"**

Entre los suscritos a saber : **RAMIRO RANGEL PARRA**, mayor de edad e identificado con cédula de ciudadanía número 91.347.824 expedida en Piedecuesta, quien en su calidad de Gerente (E), mediante resolución No. 122 de agosto 28 de 2006, obra en nombre y representación legal de la PIEDECUESTANA DE SERVICIOS y legalmente autorizado por la Ley. Que mediante acuerdo número 004 de 2004 (junio 11) de la junta directiva de la empresa Piedecuestana de Servicios ESP se adopta "el manual de contratación interna de la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo Piedecuestana ESP", y concordante con la resolución 0003 de 2004 (enero 02), se hace nombramiento en propiedad al ingeniero **RAMIRO RANGEL PARRA**, que en adelante se denominará "La Piedecuestana de Servicios" y el ingeniero **JORGE ALBERTO GUZMAN JAIMES** mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía número 91'229.470 expedida en Bucaramanga, quien en calidad de Director de la Escuela de Ingeniería Civil obra en nombre y representación legal de la Universidad Industrial de Santander, designado por el Consejo Superior según acta de posesión No. 12 del 11 de junio de 2003 y quien en adelante se denominará "**UIS**", hemos acordado celebrar el presente convenio de cooperación interinstitucional.

### **CLÁUSULAS**

**PRIMERA. – OBJETO:** Instalación, montaje y operación del limnógrafo de la estación El Conquistador sobre el río de Oro.

**SEGUNDA. – APORTES Y OBLIGACIONES:** La Piedecuestana de Servicios ESP se compromete a:

1. Realizar la instalación y montaje de un tubo de acero para limnógrafo y respectivo anclaje a la roca.
2. Tomar las medidas necesarias para el aseguramiento del equipo instalado por la UIS ante eventos naturales, robo, vandalismo y cualquier otro que ponga en riesgo dicho equipo.
3. Adquirir las pólizas de seguros necesarias para garantizar la seguridad de los equipos instalados por la UIS.
4. Designar al ingeniero **URIEL ANDRES ESCALANTE** como responsable y encargado de coordinar las actividades necesarias para desarrollar este convenio.

**TERCERA. – APORTES Y OBLIGACIONES:** La **UIS** se compromete a:

1. Suministrar e instalar el equipo electrónico, un Diver y un Barodiver para la medición continua de niveles de agua dentro del tubo de acero.
2. Realizar la toma de datos, almacenamiento y manipulación durante el tiempo de vigencia de este convenio.

3. Realizar los aforos necesarios para obtener las curvas de calibración del río de Oro en el Sitio de la estación El Conquistador.

1.Designar a la Ingeniera SULL y GOMEZ ISIDRO profesora de la UIS y directora del Grupo GPH, como responsable y encargada de coordinar las actividades necesarias para el desarrollo del convenio.

CUARTA. LA INFORMACION OBTENIDA, estará a disposición de ambas entidades y será de libre utilización.

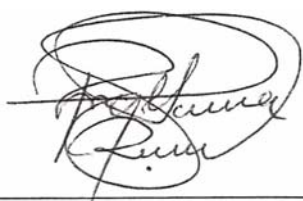
QUINTA. - VALOR DEL CONVENIO: El valor del presente convenio es de 20 millones de pesos (Veinte millones de pesos), representados en el valor del equipo instalado por parte de la UIS y del trabajo e instalación del tubo limnógrafo realizado por la PIEDECUESTANA DE SERVICIOS, distribuidos en partes iguales.

SEXTA. - DURACIÓN Y CAUSALES DE TERMINACIÓN: El presente convenio de cooperación tendrá una duración de cinco años contado a partir de la fecha de suscripción del presente convenio. La PIEDECUESTANA DE SERVICIOS se reserva la facultad de dar por terminado en cualquier momento sin lugar a indemnización de cualquier naturaleza, por incumplimiento de la UIS a cualquiera de sus obligaciones. Igualmente la UIS se reserva la facultad de dar por terminado en cualquier momento sin lugar a indemnización de cualquier naturaleza, por incumplimiento de la PIEDECUESTANA DE SERVICIOS a cualquiera de sus obligaciones Las partes podrán de mutuo acuerdo terminar este convenio cuando lo consideren oportuno.

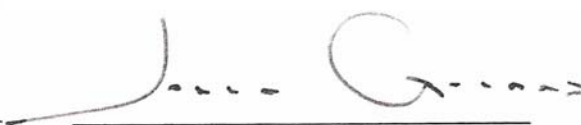
SEPTIMA. - CESIÓN. Ninguna de las partes podrá ceder a persona o entidad alguna los derechos que se deriven del presente convenio.

OCTAVA. - LIQUIDACIÓN: Las partes acuerdan, una vez finalizado el término del convenio, revisar la necesidad de renovar este convenio, o proceder a su liquidación para lo cual se suscribirá un acta en la cual se dejarán constancias del trabajo realizado; en un término no superior a dos meses a la fecha de terminación del presente convenio. A la terminación del convenio los equipos instalados (Diver y Barodiver) regresan a la UIS, al grupo de Investigación GPH de la Escuela de Ingeniería Civil y la Piedecuestana conservará la propiedad del tubo limnográfico instalado en la estación El Conquistador. En señal de acuerdo con los términos anteriores firmamos el presente convenio de cooperación en dos ejemplares del mismo tenor, con destino a cada una de las partes, en Bucaramanga (Santander), a los 30 días del mes de agosto de 2006.

Por la PIEDECUESTANA DE SERVICIOS      Por la UIS,



RAMIRO RANGEL PARRA  
PIEDRECUESTANA DE SERVICIOS ESP



JORGE ALBERTO GUZMAN  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Anexo B. Formatos de los Aforos**

**DETERMINACIÓN DEL CAUDAL, UTILIZANDO PARA EL AFORO MOLINETE**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>CORRIENTE</b>      | PARTE ALTA DEL RÍO DE ORO                       |
| <b>LOCALIZACIÓN</b>   | SECCIÓN TRANSVERSAL SITIO DE UBICACIÓN ESTACIÓN |
| <b>FECHA DE AFORO</b> | 15 OCTUBRE DE 2006                              |
| <b>HORA</b>           | 9:30 a.m  |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>NÚMERO DE SECCIONES =</b>          | 11 |
| <b>TIEMPO DE CADA MEDICIÓN (sg) =</b> | 40 |

| <b>Sección</b> | <b>B<br/>(m)</b> | <b>Y1<br/>(m)</b> | <b>Y2<br/>(m)</b> | <b>N° revoluc.<br/>de la hélice</b> | <b>N<br/>(rev/seg)</b> | <b>V<br/>(m/seg)</b> | <b>Vpromedio<br/>(m/deg)</b> | <b>Area<br/>(m2)</b> | <b>q<br/>(m3/seg)</b> |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1              | 0,5              | 0                 | 0,56              | 65                                  | 1,625                  | 0,189                | 0,189                        | 0,14                 | <b>0,027</b>          |
| 2              | 0,5              | 0,56              | 0,56              | 167                                 | 4,175                  | 0,455                | 0,455                        | 0,28                 | <b>0,128</b>          |
| 3              | 0,5              | 0,56              | 0,55              | 232                                 | 5,8                    | 0,615                | 0,615                        | 0,2775               | <b>0,171</b>          |
| 4              | 0,5              | 0,55              | 0,55              | 201                                 | 5,025                  | 0,536                | 0,536                        | 0,275                | <b>0,147</b>          |
| 5              | 0,5              | 0,55              | 0,48              | 110                                 | 2,75                   | 0,307                | 0,307                        | 0,2575               | <b>0,079</b>          |
| 6              | 0,5              | 0,48              | 0,58              | 65                                  | 1,625                  | 0,189                | 0,189                        | 0,265                | <b>0,050</b>          |

| Sección | B   | Y1   | Y2   | N° revoluc.  | N         | V       | Vpromedio | Area   | q            |
|---------|-----|------|------|--------------|-----------|---------|-----------|--------|--------------|
|         | (m) | (m)  | (m)  | de la hélice | (rev/seg) | (m/seg) | (m/deg)   | (m2)   | (m3/seg)     |
| 7       | 0,5 | 0,58 | 0,7  | 200          | 5         | 0,542   | 0,590     | 0,32   | <b>0,189</b> |
|         | 0,5 | 0,58 | 0,7  | 241          | 6,025     | 0,638   |           | 0,32   |              |
| 8       | 0,5 | 0,7  | 0,85 | 258          | 6,45      | 0,682   | 0,870     | 0,3875 | <b>0,337</b> |
|         | 0,5 | 0,7  | 0,85 | 406          | 10,15     | 1,059   |           | 0,3875 |              |
| 9       | 0,5 | 0,85 | 0,86 | 304          | 7,6       | 0,799   | 1,012     | 0,4275 | <b>0,433</b> |
|         | 0,5 | 0,85 | 0,86 | 471          | 11,775    | 1,225   |           | 0,4275 |              |
| 10      | 0,5 | 0,86 | 0,93 | 365          | 9,125     | 0,955   | 1,138     | 0,4475 | <b>0,509</b> |
|         | 0,5 | 0,86 | 0,93 | 509          | 12,725    | 1,322   |           | 0,4475 |              |
| 11      | 0,7 | 0,93 | 0,71 | 276          | 6,9       | 0,727   | 0,762     | 0,574  | <b>0,437</b> |
|         | 0,7 | 0,93 | 0,71 | 303          | 7,575     | 0,796   |           | 0,574  |              |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| <b>CAUDAL TOTAL (M3/SG) =</b> | <b>2,507</b> |
|-------------------------------|--------------|

## DETERMINACIÓN DEL CAUDAL, UTILIZANDO PARA EL AFORO MOLINETE

|                       |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|
| <b>CORRIENTE</b>      | PARTE ALTA DEL RÍO DE ORO            |
| <b>LOCALIZACIÓN</b>   | SECCIÓN TRANSVERSAL SITIO DE LA MIRA |
| <b>FECHA DE AFORO</b> | OCTUBRE 20 DE 2006                   |
| <b>HORA</b>           | 3:00 p.m                             |

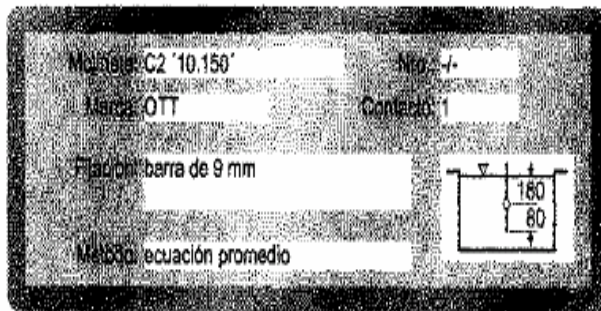
|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| <b>NÚMERO DE SECCIONES =</b>          | 12 |
| <b>TIEMPO DE CADA MEDICIÓN (sg) =</b> | 40 |

| <b>Sección</b> | <b>B<br/>(m)</b> | <b>Y1<br/>(m)</b> | <b>Y2<br/>(m)</b> | <b>N° revoluc.<br/>de la hélice</b> | <b>N<br/>(rev/seg)</b> | <b>V<br/>(m/seg)</b> | <b>Area<br/>(m2)</b> | <b>q<br/>(m3/seg)</b> |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1              | 0,5              | 0,32              | 0,49              | 196                                 | 4,9                    | 0,531                | 0,2025               | <b>0,108</b>          |
| 2              | 0,5              | 0,49              | 0,48              | 229                                 | 5,725                  | 0,608                | 0,2425               | <b>0,147</b>          |
| 3              | 0,5              | 0,48              | 0,54              | 318                                 | 7,95                   | 0,835                | 0,255                | <b>0,213</b>          |
| 4              | 0,5              | 0,54              | 0,56              | 346                                 | 8,65                   | 0,906                | 0,275                | <b>0,249</b>          |
| 5              | 0,5              | 0,56              | 0,56              | 393                                 | 9,825                  | 1,026                | 0,28                 | <b>0,287</b>          |
| 6              | 0,5              | 0,56              | 0,54              | 365                                 | 9,125                  | 0,955                | 0,275                | <b>0,263</b>          |
| 7              | 0,5              | 0,54              | 0,57              | 427                                 | 10,675                 | 1,113                | 0,2775               | <b>0,309</b>          |
| 8              | 0,5              | 0,57              | 0,5               | 348                                 | 8,7                    | 0,911                | 0,2675               | <b>0,244</b>          |


| <b>Sección</b> | <b>B</b>   | <b>Y1</b>  | <b>Y2</b>  | <b>Nº revoluc.</b>  | <b>N</b>         | <b>V</b>       | <b>Area</b> | <b>q</b>        |
|----------------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|-----------------|
|                | <b>(m)</b> | <b>(m)</b> | <b>(m)</b> | <b>de la hélice</b> | <b>(rev/seg)</b> | <b>(m/seg)</b> | <b>(m2)</b> | <b>(m3/seg)</b> |
| 9              | 0,5        | 0,5        | 0,55       | 353                 | 8,825            | 0,924          | 0,2625      | <b>0,243</b>    |
| 10             | 0,5        | 0,55       | 0,49       | 235                 | 5,875            | 0,623          | 0,26        | <b>0,162</b>    |
| 11             | 0,5        | 0,49       | 0,57       | 237                 | 5,925            | 0,628          | 0,265       | <b>0,166</b>    |
| 12             | 0,46       | 0,57       | 0,49       | 116                 | 2,9              | 0,322          | 0,2438      | <b>0,079</b>    |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| <b>CAUDAL TOTAL (M3/SG) =</b> | <b>2,469</b> |
|-------------------------------|--------------|

## Anexo C. Referencia Hélice del Molinete



## Anexo D. Cotización de los Equipos




**COTIZACION**

www.maser.com.co  
 maser@maser.com.co  
 Tel. +2+5142945  
 Fax. +2+5142956  
 Calle 5B4 No. 36B - 45  
 Cali - Valle del Cauca

Empresa: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 Nombre: Ing. JORGE GUZMAN  
 Area/Dpto:  
 E-Mail: jguzman@intercable.net.co  
 Ciudad: Bucaramanga Telefono 300-2188239 Fax.  
 País: Colombia

Cotización No.: 1634  
 Fecha: Diciembre 20 de 2004  
 Valida hasta: Enero 20 de 2005

Con mucho gusto estamos cotizando los siguientes productos:

| ITEM  | CANTIDAD | REF      | DESCRIPCIÓN  | VR UNITARIO                  | VR TOTAL                                     |
|---|----------|----------|--|------------------------------|--|
| 1   | 1        | 11.11.51 | Data Logger DIVER para mediciones de nivel de agua y monitoreo y almacenamiento de datos de nivel y temperatura. Memoria 2 x 24000 mediciones. Rango 10m / -20 a +80°C Exactitud 0,1% /5m +0,1°C | \$ 4.897.000                 | \$ 4.897.000                                 |
| 2   | 1        | 11.11.55 | Data Logger Baro - DIVER para mediciones de la presión atmosférica en el área de trabajo, con compensación barométrica compensada. Rango 150cmwc/ -20°C a +80°C exactitud 0,1% / 150cmwc         | \$ 2.065.000                 | \$ 2.065.000                                 |
|  |          |          |  | SUBTOTAL<br>IVA 16%<br>TOTAL | \$ 6.962.000<br>\$ 1.113.920<br>\$ 8.075.920 |

**Moneda:** Pesos Colombianos  
**Tiempo de entrega:** 45 días hábiles  
**Forma de Pago:** 50 %Anticipo y 50% Entrega  
**Garantía:** doce (12) meses contados a partir de la fecha de recepción a satisfacción por parte del usuario. Incluye mano de Obra y repuestos por defecto de fabricación. No cubre daños por agentes externos.  
**Visitas de Mantenimiento:** Incluye un (1) mantenimiento preventivo a los 6 meses para lo cual el equipo deberá ser desplazado a nuestras oficinas.  
**Instalación:** Será instalado por personal de maser pero no incluye obra civil y dependerá del estado adecuado del lugar de funcionamiento.  
**Entrenamiento:** Será dado por personal profesional de Maser y cubrirá los principales aspectos teóricos de la técnica, Instrucciones de operación del equipo e instrucciones sobre el mantenimiento preventivo de los instrumentos.  
**DURACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y EL ENTRENAMIENTO: 1 DÍA**

NOTAS O COMENTARIOS

Banco santander Colombia Cta Cte. No. 08300165-1 Maser Ltda

Jaime Andrés Marín Molina  
 Ejecutivo de Ventas  
 Eijkelkamp Agrisearch Equipment  
 Agent Colombia  
 jamm@maser.com.co

1 de 1

## Anexo E. Presupuesto de la estación

### PRESUPUESTO GENERAL DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA PARA EL RÍO DE ORO

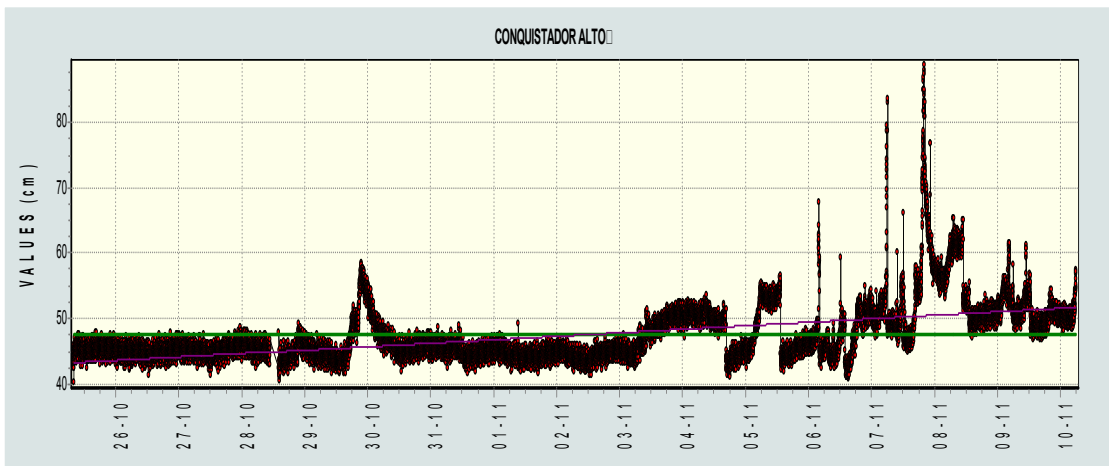
#### Material : acero inoxidable

| Descripción                                  | Un  | Cant. | Vr. Unitario    | Vr. Total        |
|--|-----|-------|-----------------|------------------|
| Tubo SCH 40 de Ø = 6", (e = 7,5 mm )         | m   | 3     | \$ 475.000,00   | \$ 1.425.000,00  |
| Pernos para anclaje, Ø = 5/8"                | un  | 4     | \$ 51.040,00    | \$ 204.160,00    |
| Pernos para anclaje, Ø = 1/2"                | un  | 6     | \$ 46.226,00    | \$ 277.356,00    |
| Abrazaderas (grapas), Ø = 1/2"               | un  | 5     | \$ 23.142,00    | \$ 115.710,00    |
| Peldaños, Ø = 1/2"                           | un  | 6     | \$ 27.405,00    | \$ 164.430,00    |
| Tapa rosca con tornillo, Ø = 6"              | un  | 1     | \$ 353.220,00   | \$ 353.220,00    |
| Acople rosca soldada al tubo, Ø = 6"         | un  | 1     | \$ 180.264,00   | \$ 180.264,00    |
| Cono entrada agua 6" X 2" X 20               | un  | 1     | \$ 107.880,00   | \$ 107.880,00    |
| Soporte con argollas para guaya.             | un  | 1     | \$ 56.840,00    | \$ 56.840,00     |
| Servicio de soldadura                        | un  | 1     | \$ 78.880,00    | \$ 78.880,00     |
| Perforaciones al tubo de 15 mm de diámetro.  | un  | 8     | \$ 3.190,00     | \$ 25.520,00     |
| llave hexagonal, (material acero al carbón). | un  | 1     | \$ 98.000,00    | \$ 98.000,00     |
| Guaya de 1/8"                                | m   | 4     | \$ 4.000,00     | \$ 16.000,00     |
| Candado                                      | un  | 1     | \$ 40.000,00    | \$ 40.000,00     |
| Perforación y epóxico para anclaje Ø = 3/4". | un  | 4     | \$ 20.300,00    | \$ 81.200,00     |
| Perforación y epóxico para anclaje Ø = 5/8". | un  | 6     | \$ 16.240,00    | \$ 97.440,00     |
| Oficial, (mano de obra para el montaje)      | día | 1     | \$ 30.000,00    | \$ 30.000,00     |
| Alquiler planta eléctrica para el taladro.   | día | 1     | \$ 35.000,00    | \$ 35.000,00     |
| Transportes y fletes.                        | un  | 1     | \$ 150.000,00   | \$ 150.000,00    |
| Diver  | un  | 1     | \$ 4.897.000,00 | \$ 4.897.000,00  |
| Barodiver                                    | un  | 1     | \$ 2.066.000,00 | \$ 2.066.000,00  |
| Valor costo directo                          |     |       |                 | \$ 10.499.900,00 |
| Utilidad e Imprevistos 20%                   |     |       |                 | \$ 2.099.980,00  |

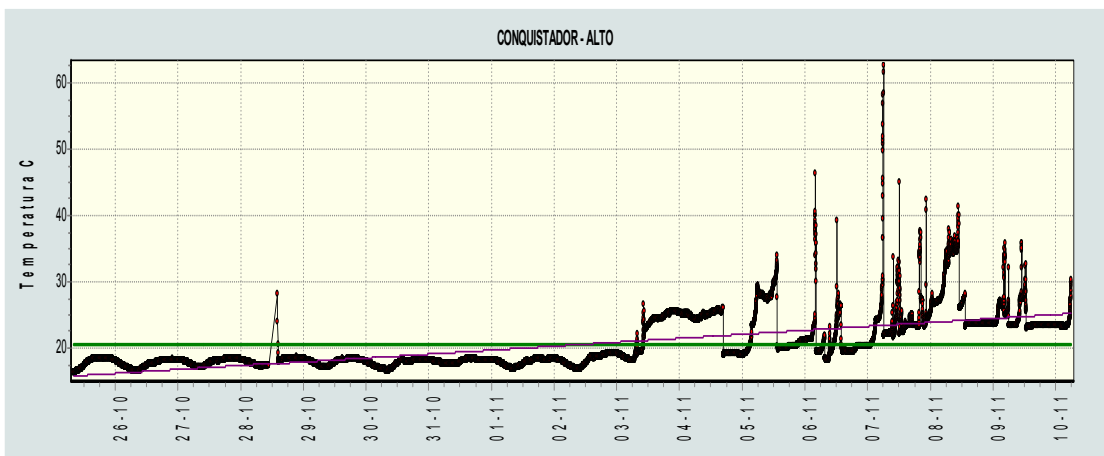
|                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| <b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b> | <b>\$ 12.599.880,00</b> |
|---------------------------------|-------------------------|

## Anexo F. Análisis de Resultados

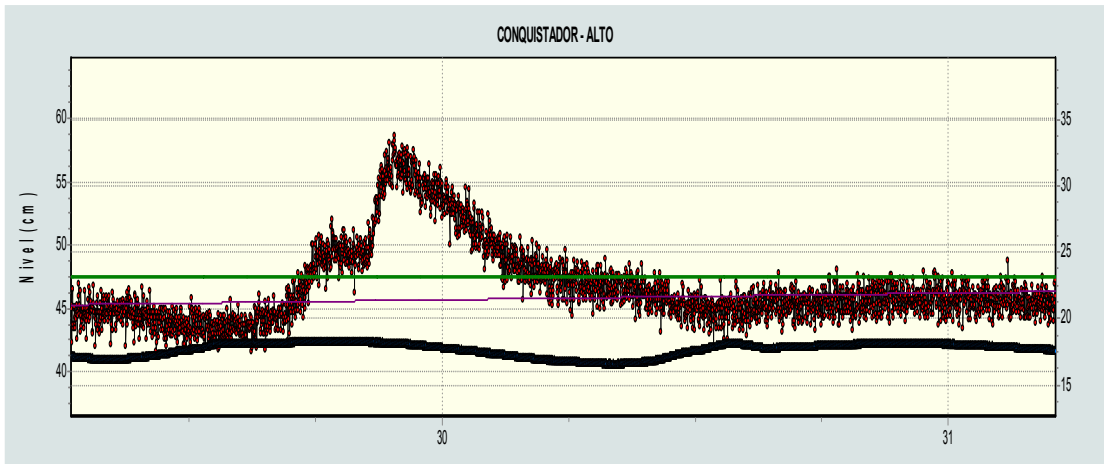
Datos obtenidos del Diver de Nivel contra tiempo del 26 de octubre al 10 de noviembre



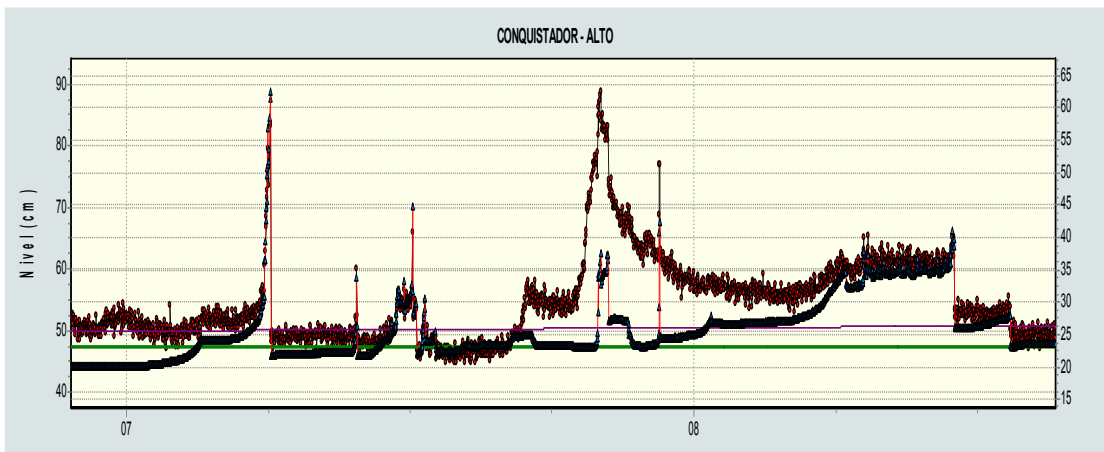
Datos obtenidos del Diver de temperatura contra tiempo del 26 de octubre al 10 de noviembre



Datos obtenidos del Diver de Nivel, temperatura contra tiempo del 30 al 31 de octubre.



Datos obtenidos del Diver de Nivel, temperatura contra tiempo del 7 al 8 de noviembre.



### Anexo G. Curva de Calibración

| FECHA Y HORA          | CAUDAL<br>(m3/sg) | NIVEL<br>(cm) | NIVEL<br>(mm) |
|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 24/10/2006, 9:05 a.m  | 2,574             | 58            | 580           |
| 25/10/2006, 9:05 a.m  | 1,880             | 45,7          | 457           |
| 26/10/2006, 7:20 a.m  | 2,000             | 44,7          | 447           |
| 28/10/2006, 2:25 a.m  | 1,917             | 41,2          | 412           |
| 29/10/2006, 9:30 a.m  | 1,935             | 45,2          | 452           |
| 01/11/2006, 9:30 a.m  | 1,967             | 44,2          | 442           |
| 02/11/2006, 1:50 p.m  | 1,955             | 43,3          | 433           |
| 03/11/2006, 8:40 a.m  | 2,029             | 46,8          | 468           |
| 04/11/2006, 10:15 a.m | 2,000             | 50,8          | 508           |
| 05/11/2006, 7:30 a.m  | 2,255             | 54,3          | 543           |
| 07/11/2006, 4:00 p.m  | 1,961             | 46,9          | 469           |
| 08/11/2006, 11:25 a.m | 2,078             | 52,8          | 528           |
| 09/11/2006, 7:50a.m   | 2,002             | 49,8          | 498           |

