



## INFORME FINAL SOBRE PROVISION DE ENERGIA ELECTRICA MEDIANTE TURBINA HIDRÁULICA REFUGIO DE MONTAÑA NEUMEYER.

(BARILOCHE - PCIA. DE RÍO NEGRO)

### Informe realizado por :

Ing. Ariel R. Marchegiani  
Ing. Orlando A. Audisio

*Laboratorio de Máquinas Hidráulicas  
Departamento de Mecánica Aplicada  
Facultad de Ingeniería*  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

## 1.- Introducción

Entre los días 25 y 26 de octubre del 2004 año se realizó una visita al Refugio de Montaña Neumeyer (Bariloche - Pcia. de Río Negro) a fin de constatar, con carácter de preliminar, las posibilidades hídricas del lugar . A esto se lo complementó con los datos relevados durante una segunda visita que fue realizada el día 01 de Abril del 2005.

El principal problema que presentaba el refugio es el abastecimiento de energía eléctrica, para iluminación y eventualmente para algún electrodoméstico. Hasta el presente existía provisión de energía eléctrica, mediante un pequeño sistema hidroeléctrico compuesto por una Pico Turbina tipo Pelton; la energía que esta turbina genera es utilizada fundamentalmente, para la carga de baterías que alimente el sistema de radiocomunicación e iluminación de dos artefactos de 24 Volt cada uno.

Los datos existentes e iniciales que fueron utilizados para el desarrollo de todo este trabajo, fueron proporcionados por el concesionario del refugio Sr. Clemente Arco e integrantes del Club Andino Bariloche.

## 2.- Información disponible

La información complementaria que se dispuso para la realización de todo lo inherente a estudios preliminares y ejecutivos, estuvo conformada por un relevamiento topográfico de la zona de posible instalación y la medición puntual de caudales del arroyo, así como por los datos surgidos de la entrevista con el concesionario del refugio.

En este sentido el día 01 de Abril del 2005 se realizó el relevamiento topográfico In-Situ haciendo uso de un Nivel Óptico, el cual se utilizó para hacer la contrastación de los valores primarios obtenidos con un GPS. De esto se pudo corroborar que la Altura Bruta disponible, en ese momento, era del orden a los 17 metros. Esta altura estaba fijada entre un punto muy próximo a la confluencia de los dos pequeños cauces hídricos de aporte y un sitio, distante unos 100 metros de esta confluencia, con una explanada o meseta ubicado en la margen izquierda del arroyo en cuestión.



Confluencia de los dos cauces hídricos  
Foto N° 1

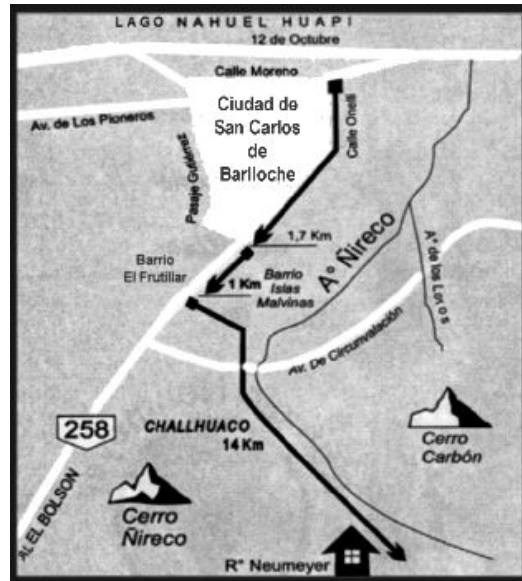


Explanada para emplazamiento de Sala de Maquinas  
Foto N° 2

## 3.- Ubicación Geográfica

La zona en cuestión está ubicada a 18 km desde la ciudad de San Carlos de Bariloche que es la ciudad más próxima al lugar. Se accede al refugio por medio de la ruta 258 con su comienzo en las calles Onelli y Moreno. Se sigue por la calle Onelli hasta salir de la ciudad con rumbo hacia el Bolsón en un trayecto de 2,7 km hasta el desvío a la derecha hacia el Valle del Challhuaco. Desde aquí sigue el camino de ripio por 14 km pasando por 6 puentes que cruzan diferentes arroyos. Los medios de llegar al lugar son a través de vehículo automotor (Ver Mapa N°1).

El Refugio Neumeyer está ubicado en medio de bosque nativo donde escurren algunos cursos de agua, objetos del presente estudio, en plena Reserva Nacional del Nahuel Huapi.



Mapa N°1

#### 4.- Recopilación de datos topográficos e hidrológicos

Durante la visita del mes de Octubre del 2006 se realizó un relevamiento topográfico primario del lugar del posible emplazamiento. Los mismos arrojan un desnivel total de la zona relevada de aproximadamente 17 metros, medidos mediante GPS.

En la misma visita se midió el caudal existente por medio del método del flotador en un canal de área regular, y con la aplicación de los coeficientes adecuados a estos casos.

Teniendo en cuenta la época del año y por conversaciones con los concesionarios y gente del lugar se llega a la conclusión que este caudal es no un valor mínimo del ciclo hidrológico del arroyo.

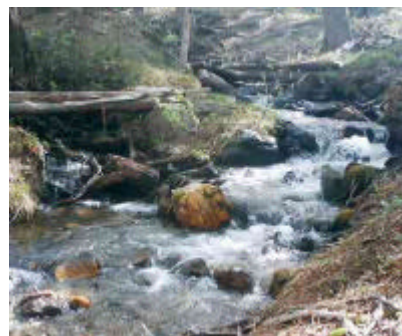


Foto N° 3

Estas mismas tareas se repitieron durante nuestra segunda visita al lugar y que fuera realizada el día 01 de Abril del 2005, donde se obtuvieron valores de caudales de estiaje. En la misma se efectuó un segundo aforo de caudales y un relevamiento Topográfico utilizando un

Nivel Óptico. Respecto a este ultimo punto, la tabla siguiente nos muestra los resultados obtenido.

01 de Abril del 2005 15.30 Hs.

**Refugio: NEUMEYER**

**Relevamiento Topografico con Nivel Optico**

	Superior	Medio	Inferior	d <sub>h</sub> [m]	D <sub>H</sub> [m]
<b>E1</b>	10.95	11.25	11.55		1.47
	25.1	25.95	26.75		
<b>E2</b>	5.1	5.55	5.95	1.4	5.695
	33.1	33.8	34.5		
<b>E3</b>	2.2	2.85	3.55	1.4	10.63
	37.5	38.2	38.9		
<b>E4</b>	13.85	14.35	14.85	1.4	15.65
	29.6	30	30.45		
	34.75	35.15	35.5		
<b>E5</b>	6.3	6.55	6.75		<b>17.09</b>
	35.55	36.35	37.05		

Confluencia Arroyo



Casa de Maquinas



De esta tabla se puede ver que la misma arroja, nuevamente, como desnivel bruto factible de utilizar de 17 metros.

Dado que la Obra de Toma y la Casa de Máquinas no han sido emplazadas en los sitios prefijados oportunamente (muy próximo a la confluencia de los causes hídricos y en la explanada de la margen izquierda del arroyo, respectivamente), la Altura Bruta oportunamente determinada, no fue aprovechada totalmente. Con estas obras ya consumadas, la Altura Bruta quedo en el orden de los 13 a 14 metros, situación que obligó a cambiar los parámetros de operación de la turbina. Por lo tanto, como la altura bruta disminuyó de 17 a 13 metros, se podrá obtener una potencia y energía menor a la prevista.

Bajo estas nuevas variables de operación, consideramos, sin embargo, que la potencia y energía que se generará, será mas que suficiente para hacer un suministro racional de energía al sistema de iluminación del Refugio Neumeyer.

## 5.- Estimación de Alturas y Caudales

Por lo expuesto en puntos anteriores, de los datos topográficos y de la inspección visual surge que la Altura Bruta aprovechable es, ahora, de aproximadamente **13 m**.

De acuerdo a las mediciones de caudal mencionadas en el punto 4) Se llegó a un caudal aproximado de **60 l/s**. Este caudal NO fue tomado en época de estiaje, es decir que hay que prever una disminución del caudal en la época de menor caudal del arroyo. Por información proporcionada por el concesionario del refugio el caudal mínimo es similar al caudal que posee uno de los arroyos al momento de la visita, por lo que podemos considerar al caudal de este arroyo como un valor mínimo. Las mediciones para ese caudal arrojan un valor de 22.5 l/s

Suponiendo en principio que los valores medidos se repiten en la zona y adoptando un caudal con una permanencia del 80 a 85% se adoptará un valor de diseño de **35 l/s**.

## **6.- Estimación de Capacidad y Energía**

De acuerdo a los desniveles relevados y considerando una tubería de una longitud media del orden de los 85 metros, con un caudal de 35 l/s en el punto nominal de funcionamiento se había previsto la generación de una potencia media del orden a los 3.0 kW en eje de la turbina lo que representa una potencia aproximada de 2.5 kW en bornes de generador, lo que se verá afectada por la disminución de la altura bruta.

## **7.- Desarrollo de Prefactibilidad**

### **7.1.-Características de la Zona de Emplazamiento**

La zona de emplazamiento de la turbina, tubería y obra de toma se encuentra sobre la margen derecha del arroyo que escurre en terrenos del refugio. En las foto N° 4 se pueden observar las características del suelo. De aquí surge que el terreno es propicio para el enterramiento de la tubería y de la línea eléctrica a fin de mitigar el impacto visual, lo que se realizó durante el desarrollo de las obras.

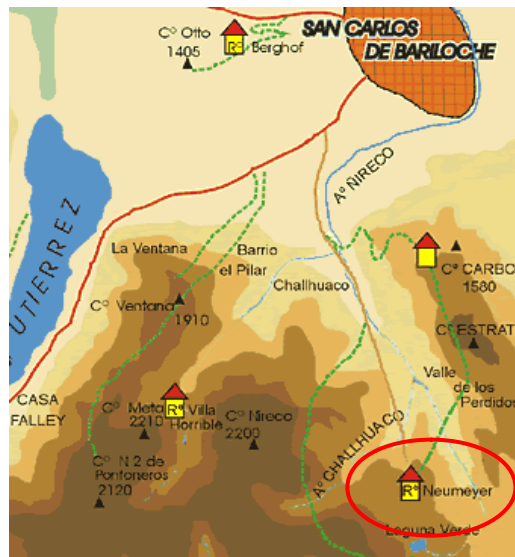


**Foto N° 4**

La zona se caracteriza por una alta pendiente denota el relevamiento topográfico. El arroyo corre encajonado por un lecho de roca.

## 7.2.-Ubicación y Accesos

Los accesos a la zona de emplazamiento no son dificultosos. Los materiales pueden ser acarreados en vehículo hasta el refugio.



## 7.3.-Análisis de caudales

Los caudales del arroyo presentan las características normales para los ríos de la zona. El año hidrológico comienza el 1° de Abril y culmina el 31 de Marzo del año siguiente. Presenta un periodo de estiaje en los meses de Febrero, Marzo y Abril, y dos periodos de altos caudales en los meses de Junio a Julio y de Septiembre a Noviembre.

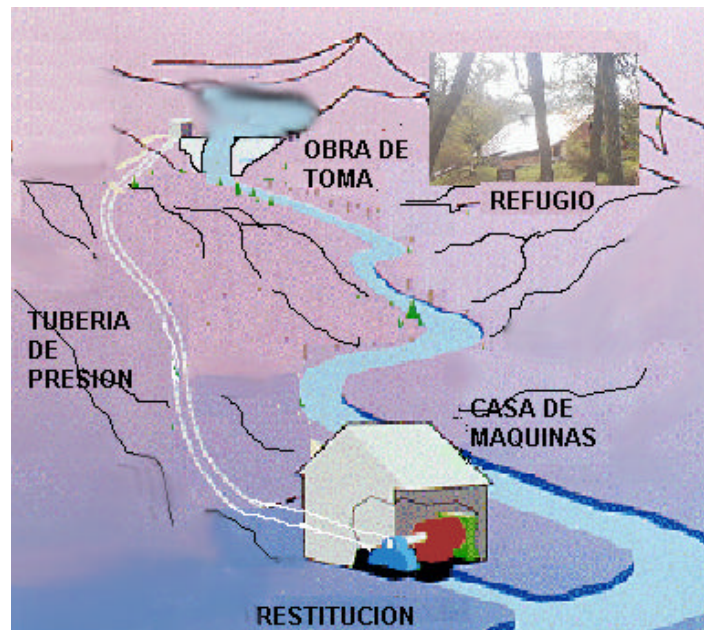
### 7.3.1.-Calidad del Agua.

El agua es totalmente limpia y cristalina. No presenta sedimentos importantes que, a simple vista, puedan dañar el equipamiento. Debe tenerse en cuenta los sedimentos que se producen en caso de lluvia.

## 7.4.- Obra civil y equipamiento electromecánico

### 7.4.1.- Descripción de las obras

El pequeño aprovechamiento energético, y en base a los cálculos preliminares realizados, tiene una potencia instalada de aproximadamente 2.5 kW y en su conjunto estará integrado por una muy pequeña Obra de Toma, Tubería de Aducción, Cámara de Carga, una pequeña Casa de Maquinas, y el Canal de Restitución [ver esquema N° 2].



Esquema N° 2

#### 7.4.1.1.-Azud y Obra de Toma

La obra de toma consistió en conseguir levantar levemente el nivel de agua para que la misma ingrese a la tubería en las condiciones fluidodinámicas correspondientes y que no ocasione un funcionamiento anormal a la turbina hidráulica.

Esto se logró con un pequeño cerramiento frontal del arroyo, con materiales del lugar hasta un nivel de aproximadamente 1 metro, el cual permite que la parte del agua que, durante la mayor parte del año, es excedente sobrepase la construcción y continúe por el cauce normal del arroyo.



Foto N° 5



Foto N° 6

### 7.4.1.2.-Tubería de Presión

En cuanto a la tubería de aducción, la misma fué enterrada totalmente siguiendo el cauce del arroyo y a lo largo de su margen derecha, de tal manera de producir el menor impacto visual.

Su construcción se realizó en toda su longitud en PVC para uso en Red de Agua K4 y con acoples tipo hidráulico; el diámetro de las mismas es de 160 mm.

La misma toma directamente de la obra de toma y se dirige hacia la casa de máquinas con una longitud aproximada de 85 metros, y entra a la misma en forma horizontal para realizar el acople con la turbina. Dicho acople se realiza mediante una válvula tipo mariposa de 6" de diámetro.

Al final de la tubería se colocó un acople elástico para absorber los movimientos normales de la misma y en caso de maniobra brusca de la válvula.

En las fotos siguientes se observa la tubería durante su instalación.



Foto N° 8



Foto N° 7

### 7.4.1.3.-Casa de Maquinas

La sala de maquinas tiene una dimensión de 3,00m por 2,20 m y esta totalmente emplazada a unos 85 metros de la obra de toma en dirección aguas abajo del arroyo. En la misma quedó alojada la turbina hidráulica con el generador, tablero de mando y el equipo de



regulación electrónica de la máquina. La construcción de esta Casa de maquinas es totalmente metálica y con una cubierta exterior realizada en madera a fin de mitigar su impacto con el medio.



**Foto N° 9**

Esta Casa de Maquinas está emplazada sobre la margen derecha del cauce hídrico y su impacto visual está muy disminuido dado que la misma quedó montada en un sector muy estratégico donde es prácticamente no visible para el lugar; la misma está en un pozo natural que tiene el terreno.

En cuanto al Layout de la misma, en ella se ha montado todo el equipamiento de generación y control; en esto se ha tenido la precaución de dejar siempre los espacios de 80 cm para las pasadas de hombre, lo que permitirá hacer la puesta en marcha y/o parada, y el mantenimiento correspondiente sin poner en peligro físico a la o las personas que se encuentran involucradas en dicha tareas.

En las imágenes adjuntas se puede visualizar la distribución de los equipos dentro de esta casa de máquinas.



**Foto N° 10**



**Foto N° 11**

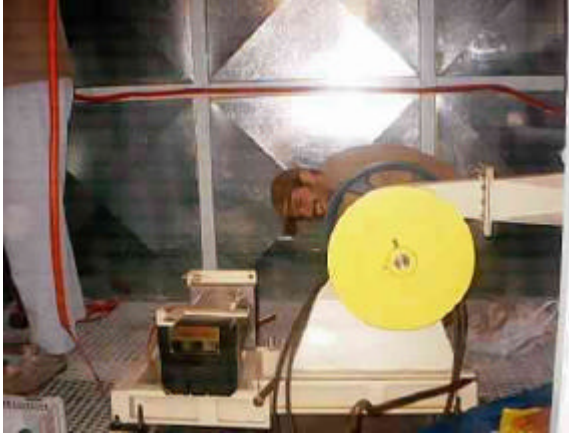


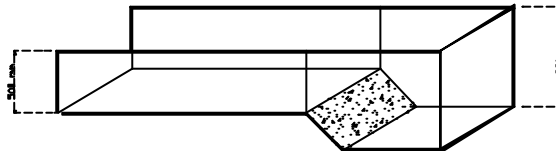
Foto N° 12



Foto N° 13

#### 7.4.1.4.-Restitución.

El agua es restituida al cauce original por medio de un canal construido a tal fin a partir de la casa de maquina y con las obras de arte correspondientes.



Este Canal de Restitución es el que recoge el agua que es turbinada y lo encausa y restituye al cauce natural del arroyo en un punto muy próximo y aguas debajo de Casa de Maquinas. Su construcción es totalmente de chapa y en todo el contexto de la obra, su emplazamiento y funcionamiento pasa prácticamente desapercibido.

#### 7.4.1.5.-Equipamiento General.

##### Turbina

De acuerdo al análisis de caudales y alturas, de la potencia requerida, y teniendo en cuenta las premisas básicas de un equipamiento de características sencilla y económico, rendimiento aceptable, Fácil montaje, mantenimiento y operación de la misma, se consideró que, dentro de los distintos tipos de máquinas que podría cubrir estos rangos, la más conveniente por su simplicidad de construcción, principalmente, es la turbina tipo MICHELL-BANKI o de flujo transversal. En la Foto N° 14 se ve la turbina propuesta oportunamente, y en la Foto N° 15 se puede ver distintas imágenes del equipo instalado.



Foto N° 14

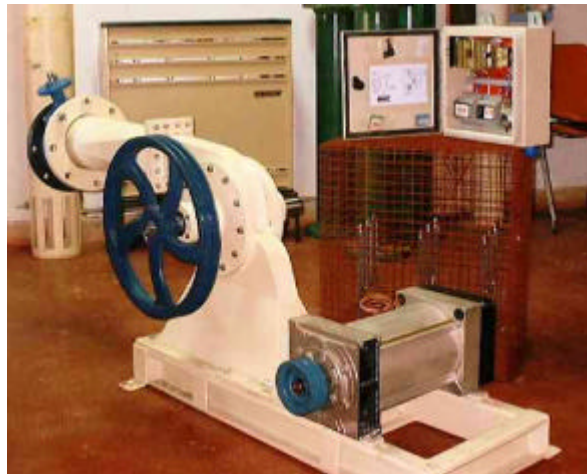


Foto N° 15

Dado que la Obra de Toma fue emplazada en un punto aguas abajo del previsto oportunamente y la casa de maquinas se la emplazó en un punto aguas arriba del previsto, la altura bruta disponible se ha reducido considerablemente; quedando esta en el orden de los 13 a 14 metros. En base a esto se ha recalculado los parámetros de operación y de generación de la turbina, arrojando los valores que se pueden ver en la tabla adjunta.:

## DISEÑO DE UNA TURBINA MITCHEL BANKI

DATOS DE ENTRADA			
ALTURA NETA [m] :	12.00	Espesor de alabes[m]	0.0015
CAUDAL Q [m3/S] :	0.026	Rendimiento Esperado	0.5
COEF. DEL INYECTOR kc (0.95-0.98)	0.967	Velocidad cañería [m/s]	1.33
Diametro Seleccionado D [m]:	0.2	Longitud de tubería[m]	85
NUMERO DE ALABES z	25		
CALCULOS DEL APROVECHAMIENTO			
		Diam. de la tubería	0.151
		Perdida de carga tubería. [m]	1.341
		Nro. de Reynolds	68.950
		Coef. de Rozamiento (PVC)	0.0195
		POTENCIA [kW]	1.65
		Potencia Bornes Gen. [kW]	1.40
		Altura Bruta [m]	13.34
CALCULOS			
NUMERO DE VUELTAS n [RPM]	680.3		
ANCHO DEL RODETE B [m]	0.0481		

## Generador

La turbina estará acoplada a un generador sincrónico de 5 KVA y 3000 RPM, monofásico, por medio de una transmisión de correas. El generador es de fabricación nacional; aspecto de importancia considerando la potencial necesidad de repuestos del equipo y del servicio de post-venta.

## Regulador

La regulación de la potencia generada fue realizada mediante un sistema de tipo electrónico. El mismo trabaja en el modo de derivación de cargas en forma automática; esta derivación se hace hacia un banco de resistencia que se le ha incorporado el sistema de regulación. El banco de resistencias tiene la función de disipar la energía al medio ambiente calentando el aire circundante. Como ya se mencionó, el equipo de regulación se basa en un dispositivo electrónico microcontrolador destinado a regular Frecuencia y Tensión por absorción de carga. El regulador de frecuencia mide la Frecuencia y la Tensión de línea y adecua el valor de la carga secundaria (resistencias) para mantener los parámetros eléctricos constante, dentro de un rango normal de fluctuación.

Este sistema de Regulación fue totalmente desarrollado por profesionales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones y algunos aspectos característicos del mismo emplazado en la sala de Maquinas, se pueden ver en las imágenes siguientes.



Foto N° 16



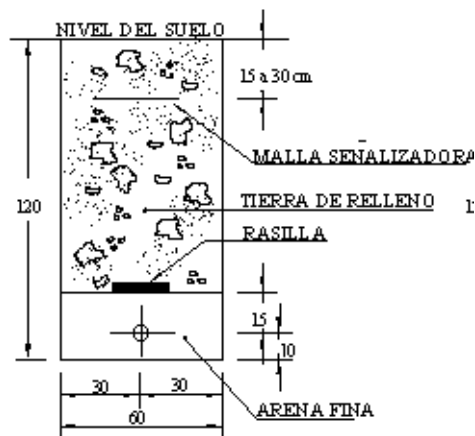
Foto N° 17



Foto N° 18

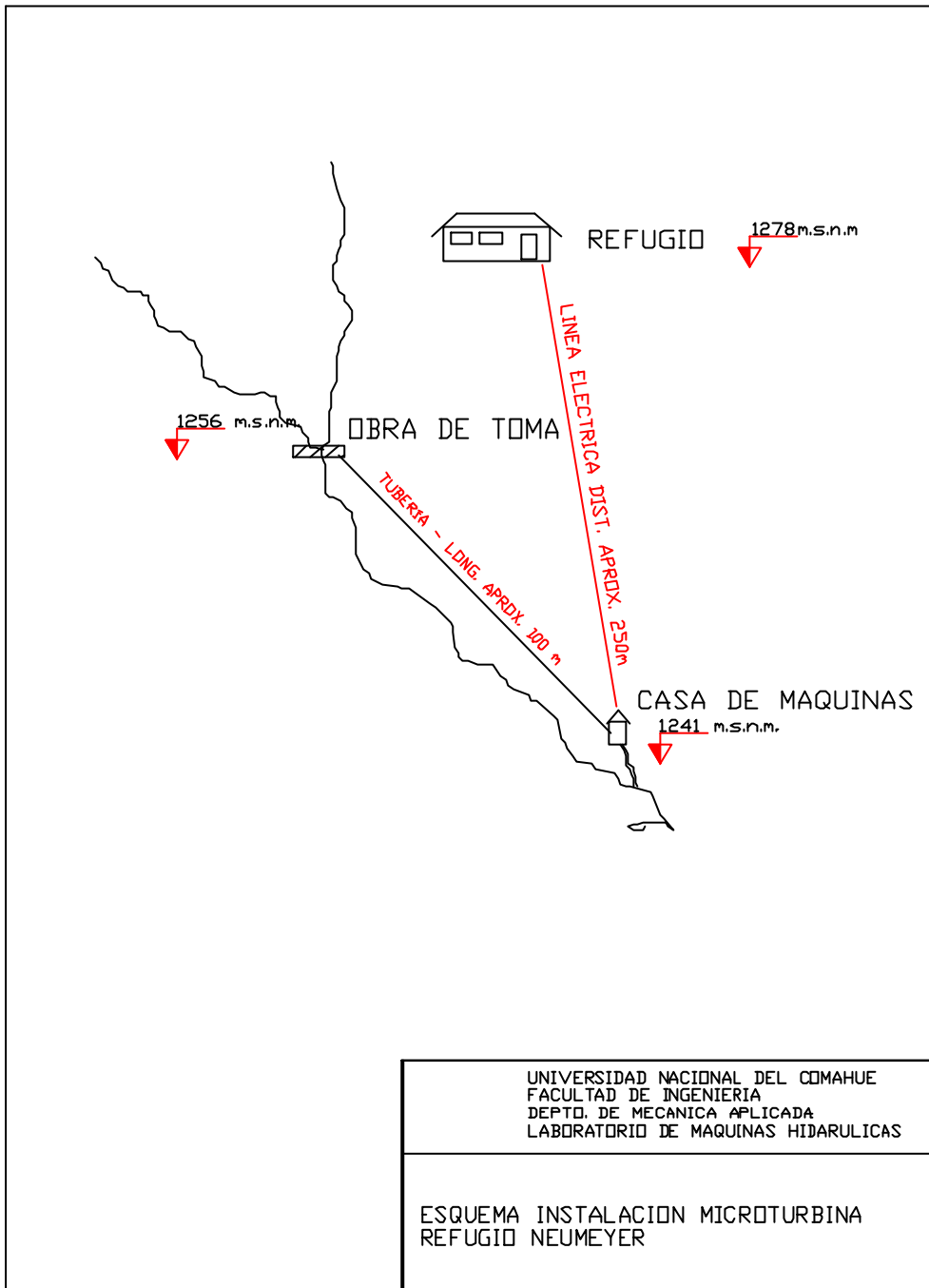
### Línea de Transmisión

La transmisión de la energía hasta el refugio se realizó mediante un cable Tipo Sintenax para exteriores. La línea eléctrica ha sido montada por personal designado por el Club Andino Bariloche (CAB) y la misma ha quedado totalmente enterrada y a lo largo de su tendido no represente peligro de ninguna índole. Oportunamente se le ha prescripto a dicha institución que la misma y para todo su recorrido debería estar montada en un todo de acuerdo al esquema siguiente:



Canalizado sobre lecho de arena

## 8.- ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN.



## 9.- PUESTA EN MARCHA:

La turbina hidráulica fue puesta en marcha y durante este periodo se la ha sometido a distintas pruebas; la misma consistió en suministrarle distintas carga en cuanto al tipo y a la cantidad.

En cuanto al tipo de carga, la unidad generadora fue probada, primeramente, con carga totalmente resistiva llegando a suministrar energía a todas las luminarias existente en el refugio. En este sentido se llego a abastecer una potencias del orden a los 1300 Watt. Posteriormente se ha procedido incorporar a la demanda una carga significativa pero de carácter reactiva. Esto último, se lo ha simulado haciendo la puesta en marcha y la parada de una herramienta eléctrica (Taladro Manual) y de una potencia (de acuerdo a la placa del mismo) de 550 watt.

Con todas estas pruebas se pretendió constatar como respondía el sistema de generación y su regulación a las distintas cargas impuesta.

Por lo que se ha visto, todo el sistema se ha comportado de manera satisfactoria dado que ante la incorporación o no, de una carga importante, todo el sistema regresaba de manera rápida (aproximadamente 2 seg.) a los parámetros eléctrico nominales: 220 Volts y 50 Hz.

Las pruebas no han podido ser efectuada con una duración amplia dado que el gran estiaje que se encontraba el arroyo en el momento de la puesta en marcha ( Miércoles 11 de Abril del 2006) y las grandes fugas de agua que presentaba la Obras de Toma que el CAB construyo, impidió contar con un caudal suficiente en el tiempo como para poder hacer las pruebas de carácter definitivo.

De todos modos, las pruebas que se han hecho en la puesta en marcha han arrojado resultados muy favorables con un funcionamiento muy estable, desde el punto de viste eléctrico y mecánico, y, por consiguiente, con una muy buena calidad en el suministros de energía eléctrica.



Foto N° 21



Foto N° 20



## 10.- CONCLUSIONES:

Este es el primer refugio al que se suministra energía por medio de una instalación hidroeléctrica de un total previsto de 3 refugios de montaña. La instalación no se desarrolló siguiendo el proyecto original en varios aspectos, como por ejemplo la adopción de la altura bruta prevista y el desarrollo de la obra de toma propuesta, teniendo como argumentos algunas dificultades operativas por parte del personal del Club Andino Bariloche.

De todas manera, tanto la altura adoptada como la obra de toma construida por el club cumplen su función de manera aceptable.

En cuanto a la calidad del suministro de energía se puede decir que es muy favorable y totalmente adecuado para las necesidades del refugio. Se debe tener en cuenta que los meses de estiaje, sobre todo en años secos, el caudal puede llegar a ser insuficiente durante un periodo de tiempo relativamente corto. Esto ya fue puesto en evidencia al realizar el proyecto y siguiendo premisas dadas por el club y el concesionario del refugio, argumentando una necesidad de energía en los meses de mayor caudal.

La puesta en marcha se desarrolló normalmente, no encontrándose dificultades de ningún tipo en el funcionamiento de los equipos involucrados. La instalación quedó en condiciones de funcionar a partir del día 12 abril del corriente año. -----  
-----