

## **5. PROGRAMA DE MEDICIONES**

### **5.1 Objetivos generales de las mediciones**

Las mediciones de viento propuestas originalmente en el proyecto estaban destinadas a la realización de un estudio detallado de la disponibilidad del recurso eólico en dos áreas, que serían seleccionadas en el transcurso del trabajo.

El análisis de la información de viento existente a lo largo del país mostró la carencia de datos de calidad aceptable en zonas geográficas extensas, con grandes vacíos de información. Este es el caso de las zonas costeras del norte y centro del país, que potencialmente podrían presentar recursos eólicos interesantes, debido al desarrollo en forma regular de brisas de mar y tierra.

Por esas razones, los objetivos generales de las mediciones fueron reorientados hacia la prospección del recurso en regiones sin información, postergando los estudios detallados de carácter local. Estos podrán ser realizados con mayor efectividad en el futuro, una vez identificados los lugares más apropiados para un posible aprovechamiento del recurso eólico.

### **5.2 Metodología utilizada en el programa de mediciones**

- Plan de mediciones

Se decidió concentrar las mediciones en la zona costera del norte y centro del país, donde se ubican numerosas caletas de pescadores artesanales, muchas de ellas sin suministro de energía eléctrica.

El plan de mediciones se compatibilizó con los recursos del proyecto. Para ello se consideraron especialmente los recursos disponibles para adquisición de instrumentos y los costos de operación del programa de mediciones. Se contempló la

adquisición de seis equipos de medición de viento y la realización de mediciones por un período de seis meses, en dos áreas costeras: una ubicada hacia el norte y otra hacia el sur de la sede del proyecto, en Santiago.

- Selección de áreas de interés

El objetivo de las mediciones es la evaluación del recurso eólico en áreas promisorias, que no cuentan con información de viento. La disponibilidad de equipos limita esta evaluación a seis localidades.

Las restricciones operacionales son principalmente dos: duraciones y costos de los viajes a terreno y acceso a los lugares de medición. Con el fin de poder realizar una atención adecuada de las estaciones, se restringió la ubicación de los equipos a distancias máximas que fueran posibles de alcanzar en un día de viaje en vehículo, desde Santiago.

El criterio para seleccionar localidades se basó en la existencia de poblados sin suministro de energía eléctrica, que usualmente corresponden a caletas de pescadores artesanales. En la zona norte, se seleccionó el área ubicada entre la desembocadura del río Limarí y Los Vilos. Más al norte del Limarí, en Punta Lengua de Vaca (Tongoy) y en el sector costero de El Tofo, existe información de viento producida por estudios desarrollados por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. En La Serena hay información meteorológica correspondiente al aeropuerto.

Hacia el sur, la distribución de energía eléctrica tiene una cobertura geográfica mayor. No hay información de caletas de pescadores artesanales sin suministro de energía eléctrica. La zona de Concepción ha sido monitoreada por algunas instituciones de esa región, por lo cual se decidió que el proyecto cubriría el área costera que se extiende entre el río Mataquito y el Itata.

- Selección y adquisición de equipos de medición

Las especificaciones técnicas de los equipos de medición de viento que se utilizan en el proyecto están indicadas en el Anexo II. Las características más importantes se refieren a medición de velocidad y dirección de viento, operación en forma autónoma, registro de datos en medio magnético para traspaso directo a computador y flexibilidad para programar la adquisición de los datos.

Se compararon instrumentos de diferentes proveedores, considerando sus características técnicas y precios. Los equipos seleccionados corresponden a Campbell Scientific, Modelo CR10, con sensores de viento R. M. Young modelo Wind Sentry. Las especificaciones de estos equipos están incluidas en el Anexo II.

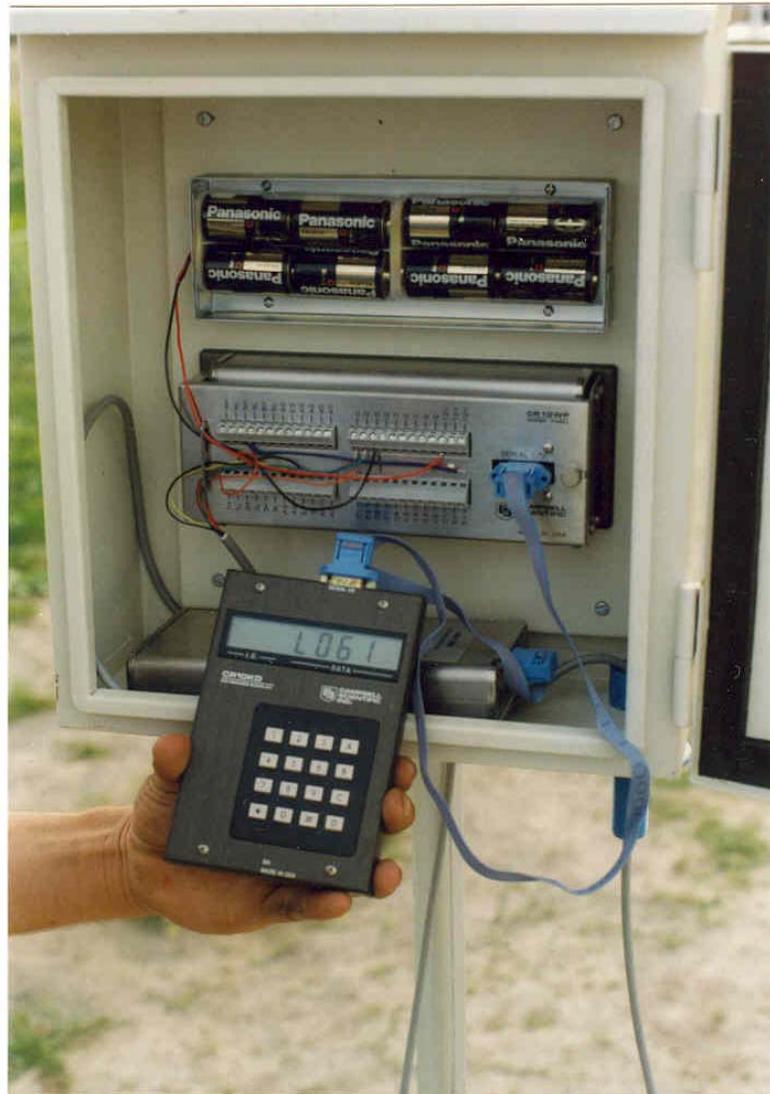
Se adquirieron 6 equipos de medición de viento y algunos módulos accesorios. El sistema de montaje se construyó localmente.

Las características principales de los equipos son las siguientes:

- Sensor de velocidad tipo copelas, sensor de dirección tipo veleta, montados en un brazo común.
- Sistema de adquisición de datos programable, alimentación 12 VDC (baterías o pilas). Memoria de estado sólido.
- Montaje en mástil de tubos de aluminio de 10 m de altura, sostenido por cables-guías, sensores instalados en el tope del mástil, caja sellada con el sistema de adquisición de datos a 3 m.

También se adquirió un sistema para programación y recuperación de datos en terreno, consistente en teclado, display digital y módulo de memoria de estado sólido.

En la fotografía de la Fig. 5.1 se muestra el sistema de adquisición de datos en operación, el teclado y la memoria de almacenamiento.



*Fig. 5.1 Sistema de adquisición de datos, teclado de comando y módulo de almacenamiento magnético.*

- Procesamiento de datos

Las mediciones se realizaron en forma automática. Los equipos muestrean los sensores de viento cada 15 segundos. Se programaron para calcular valores promedio de velocidades y direcciones de viento cada 15 minutos. Este intervalo de tiempo suaviza las variaciones turbulentas del viento asociadas a perturbaciones de carácter local (microescala) y posibilita el estudio detallado de variaciones más lentas, como ciclos diarios. La capacidad de procesamiento del sistema de adquisición de datos permite calcular directamente los valores en unidades físicas.

El archivo de datos contiene un registro de encabezamiento (una vez por día), con la identificación de la estación y fecha (día juliano) y registros de datos (cada 15 minutos), que incluyen hora del registro, promedio de la magnitud de la velocidad del viento, promedio (vectorial) de la dirección del viento, voltaje de las baterías (sólo si está bajo un umbral dado) y temperatura interna del equipo (sólo si está sobre un umbral dado).

La capacidad de almacenamiento de los equipos permite acumular información por períodos superiores a dos meses de funcionamiento continuo. La recopilación de datos desde las estaciones se realiza a través de visitas periódicas, durante las cuales se transfiere la información desde la memoria de las estaciones, a la memoria de estado sólido del sistema de recuperación de datos portátiles. Posteriormente, esa información es traspasada a un computador, usando una interfaz y software dedicados a ese fin.

El procesamiento en computador comienza por la generación de archivos tipo ASCII, con información sobre lugar de medición, fecha, hora y valores medios de velocidad y dirección de viento para períodos de 15 minutos.

El control de calidad de los datos se realiza por inspección visual de listados y despliegues gráficos de series temporales. Se verifica que las series estén completas

y que presenten comportamientos normales, incluyendo rangos de variables, ciclos típicos y ausencia de valores anómalos.

El procesamiento básico de datos incluye el cálculo de valores medios horarios y la creación de archivos para meses completos. Posteriormente, se realizan diversos análisis estadísticos y de comportamientos típicos, tales como ciclos medios, que permiten revisar la calidad de la información recolectada.

### **5.3 Programa de mediciones desarrollado durante el proyecto**

- Pruebas preliminares

Los equipos fueron armados y puestos en marcha para verificar su correcto funcionamiento electrónico. Se hicieron comparaciones de carácter simple en laboratorio, con otro instrumento utilizado como referencia.

Posteriormente, los seis equipos fueron instalados juntos en las afueras de Santiago, con el fin de comprobar el funcionamiento completo de ellos y compararlos entre sí. El lugar elegido corresponde a un predio rústico ubicado al costado sur del camino que sale de Santiago hacia el Túnel de Lo Prado, aproximadamente 2 km al poniente del desvío al aeropuerto internacional. El terreno es plano, con algunos arbustos de alturas menores a 1 m. Los equipos fueron instalados en sus mástiles, alineados en dirección aproximada Este-Oeste, perpendicular al viento predominante. Las fotografías de las figuras 5.2 y 5.3 muestran aspectos de la instalación realizada. Las pruebas se realizaron el día 9 de Abril de 1992.



*Fig. 5.2 Montaje de una estación durante las pruebas preliminares en Santiago.*



*Fig. 5.3 Disposición de los equipos durante las pruebas preliminares en Santiago.*

Los resultados obtenidos para las mediciones de velocidad y dirección del viento se muestran en las figuras 5.4 y 5.5, respectivamente. Se aprecia una muy buena

concordancia entre las series obtenidas en los seis equipos. Dos series de direcciones de viento aparecen algo desplazadas con respecto al resto de las mediciones, por diferencias en la alineación de esos equipos con respecto al Norte. En las instalaciones definitivas en terreno, las orientaciones fueron verificadas cuidadosamente.

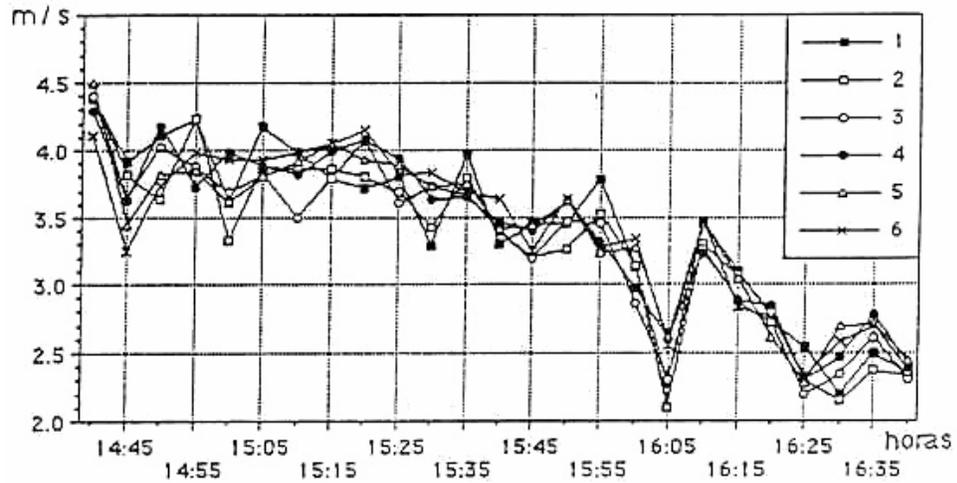


Fig. 5.4 Velocidad media del viento cada 5 minutos registrada por los 6 equipos en comparación. Prueba realizada en Santiago el 9 de Abril de 1992.

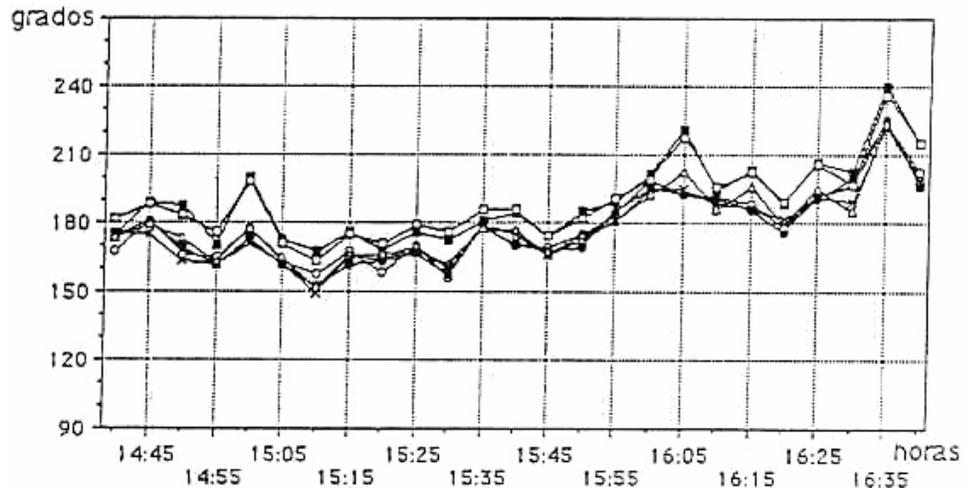


Fig. 5.5 Dirección característica del viento cada 5 minutos registrada por los 6 equipos en comparación. Prueba realizada el 9 de Abril de 1992.

- Lugares de medición

De acuerdo a la disponibilidad de equipos, se seleccionaron tres lugares de medición en el área costera norte y tres en el área costera sur.

Los criterios generales para seleccionar los lugares donde se instalaron los equipos de medición de viento son los siguientes:

- Exposición adecuada al viento predominante, en terrenos abiertos alejados de cerros y de obstáculos importantes.
- Presencia de habitantes permanentes en el lugar, de modo de tener un resguardo adecuado ante posibles vandalismos.
- Interés de los habitantes por las mediciones de viento a realizar.

La instalaciones de los equipos se realizaron en dos salidas a terreno. La Tabla 5.1 indica las ubicaciones de las estaciones. Las características de los lugares donde están instalados los equipos de medición son las siguientes:

Area norte:

Punta de Toro:

Caleta de pescadores artesanales, ubicada al sur de la desembocadura del río Limarí (Cuarta Región). El equipo está instalado en la escuela, ubicada en terrenos del Fundo Los Loros.

Punta Cerro de Arena:

Caleta de pescadores artesanales "Maitencillo de Coquimbo", ubicada en la Punta Cerro de Arenas, en el sector de Las Palmas (Cuarta Región), en el Fundo Las Palmas.

Los Vilos:

Equipo instalado en el sector norte de la bahía de Los Vilos (Cuarta Región), en terrenos de la Hacienda Agua Amarilla.

Area sur:

Putú:

Equipo instalado en el pueblo de Putú (Séptima Región), ubicado al norte de la desembocadura del río Maule, en terrenos de la Escuela F-353.

Pahuil:

Equipo instalado en el pueblo de Pahuil (Séptima Región), ubicado al norte de Chanco, en terrenos de la Escuela 618.

Cobquecura:

Equipo instalado en la localidad de Cobquecura (Octava Región), en terreno particular ubicado frente al mar, al sur del poblado.

Tabla 5.1 Estaciones de medición instaladas por el proyecto.

---

—

Nombre	Latitud grad S	Longitud grad O	Coordenadas UTM		Altitud m s.n.m.	Alt. sensores m
			km E	km N		
Punta de Toro	30°44'01"	71°41'58"	241.5	6596.7	9	10
Punta Cerro de Arena	31°15'22"	71°37'51"	249.5	6538.9	59	10
Los Vilos	31°50'48"	71°30'48"	262.1	6473.8	60	10
Putú	35°12'34"	72°16'54"	747.4	6100.3	8	10
Pahuil	35°36'45"	72°34'02"	720.3	6056.3	52	10
Cobquecura	36°08'28"	72°48'08"	697.8	5998.1	29	10

---

—

En las figuras 5.6 a 5.11 se muestran las ubicaciones de las estaciones en las cartas IGM escala 1:50.000.

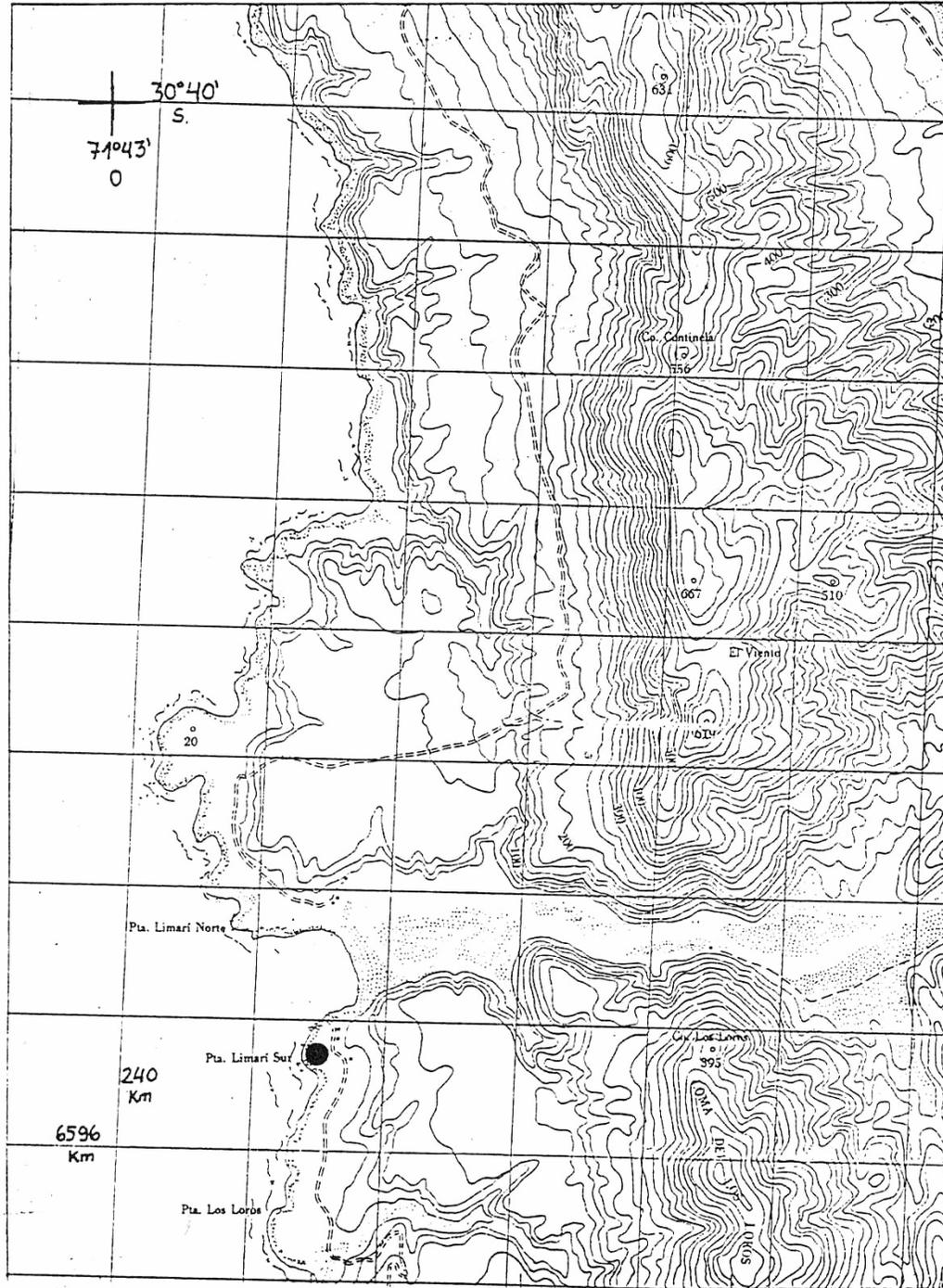


Fig. 5.6 Plano de ubicación de la estación Punta de Toro (Escala 1:50.000).

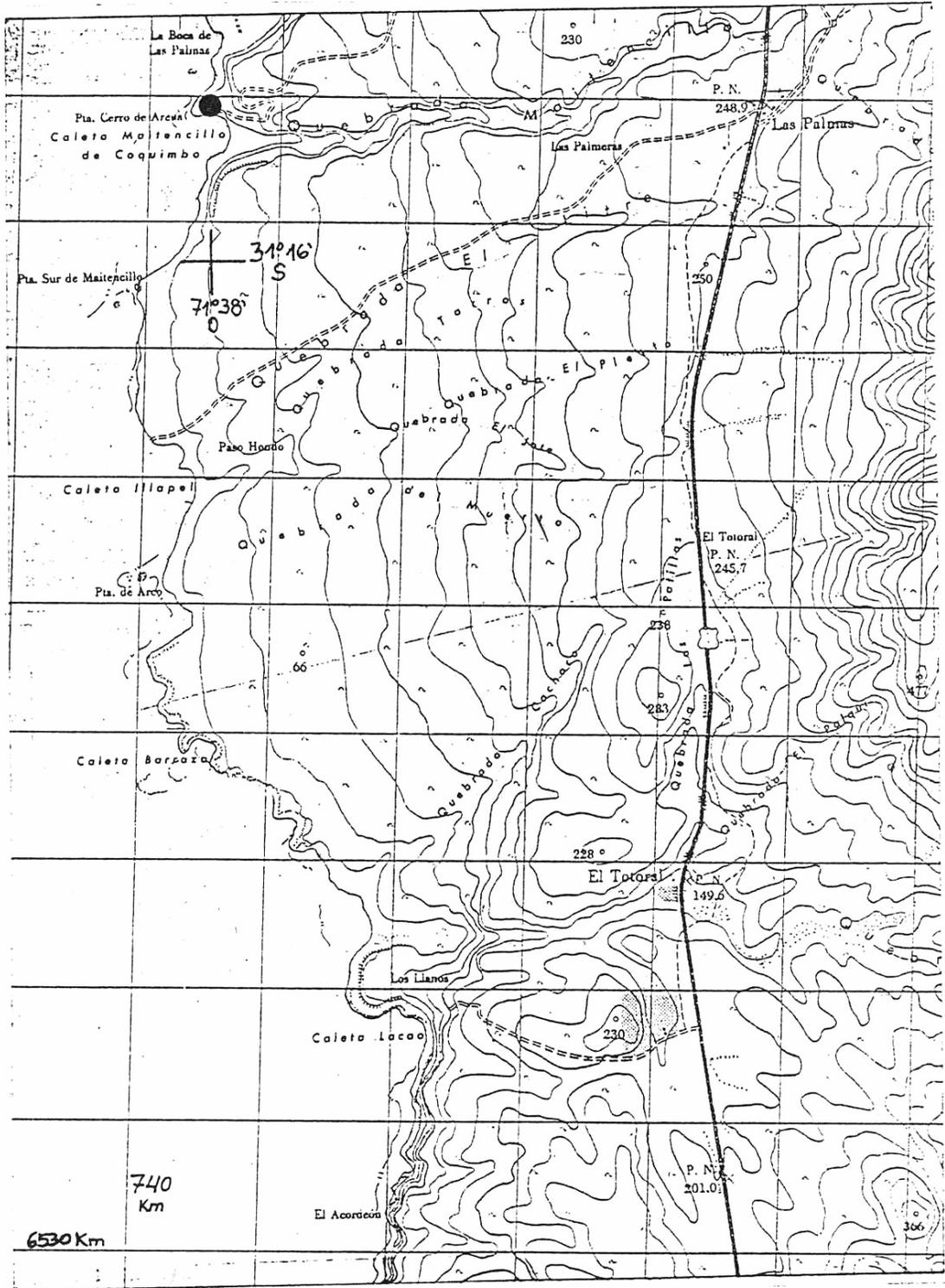


Fig. 5.7 Plano de ubicación de la estación Punta Cerro de Arena (Escala 1:50.000).

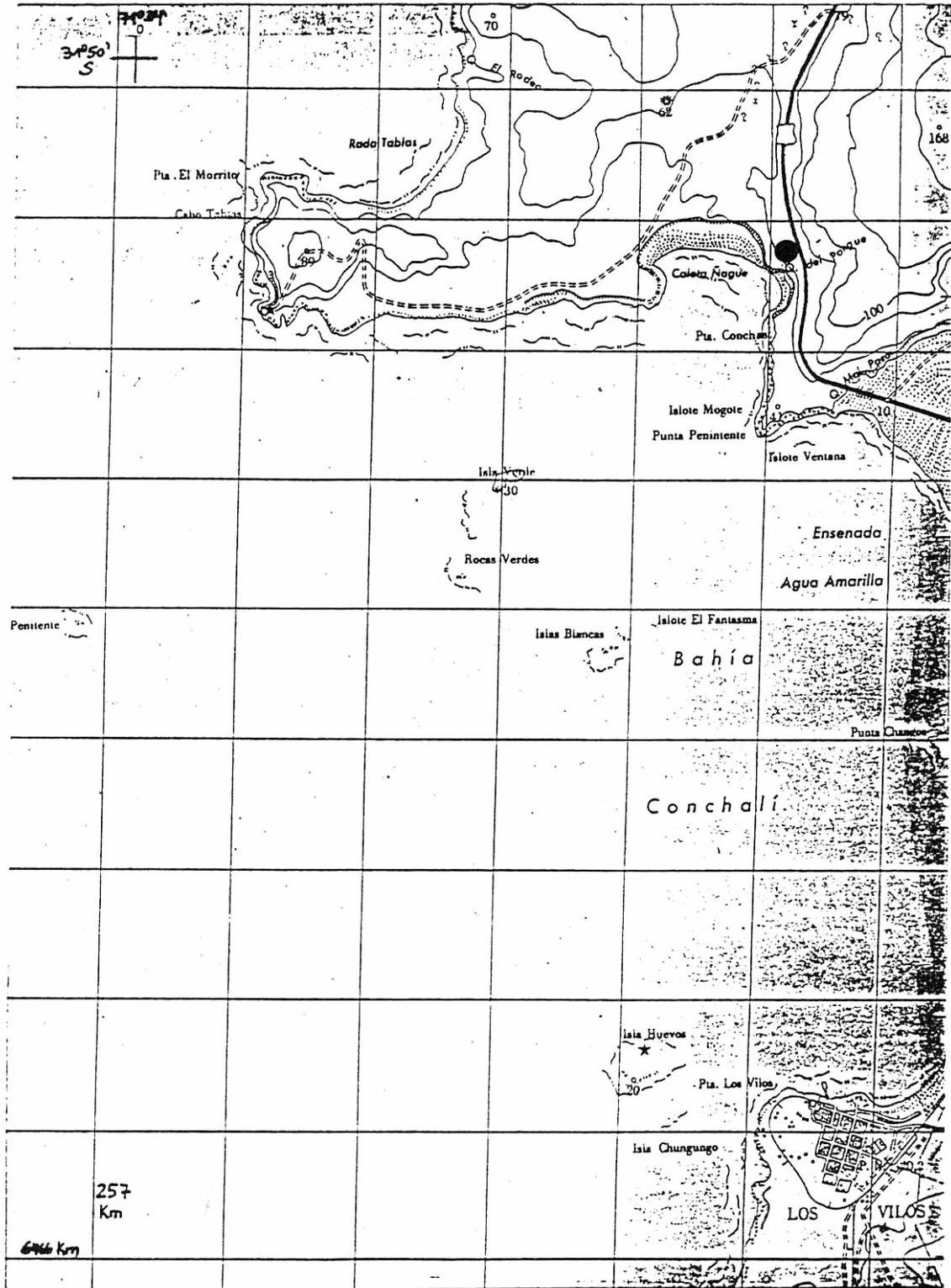


Fig. 5.8 Plano de ubicación de la estación Los Vilos (Escala 1:50.000).

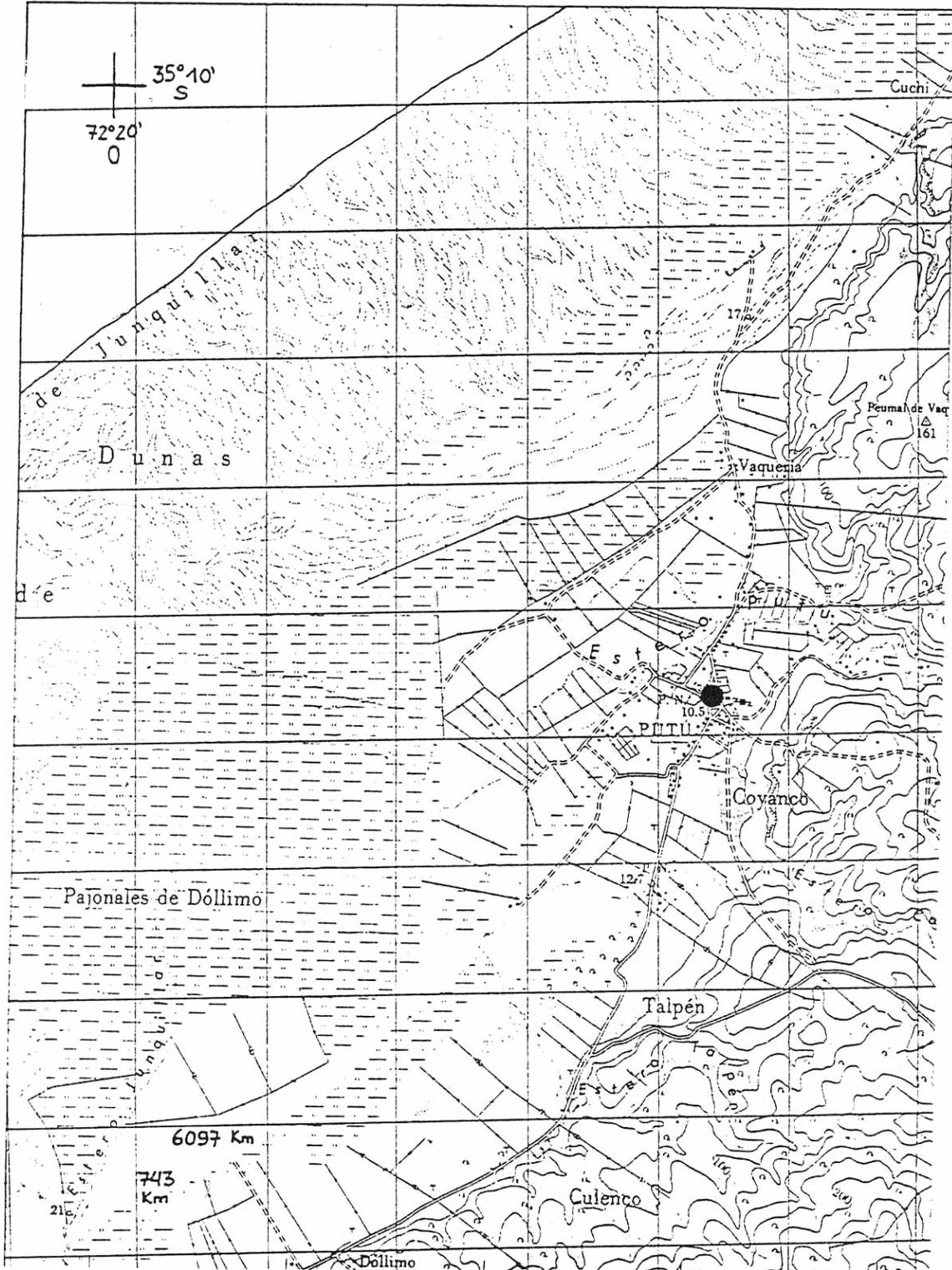


Fig. 5.9 Plano de ubicación de la estación Putú (Escala 1:50.000).

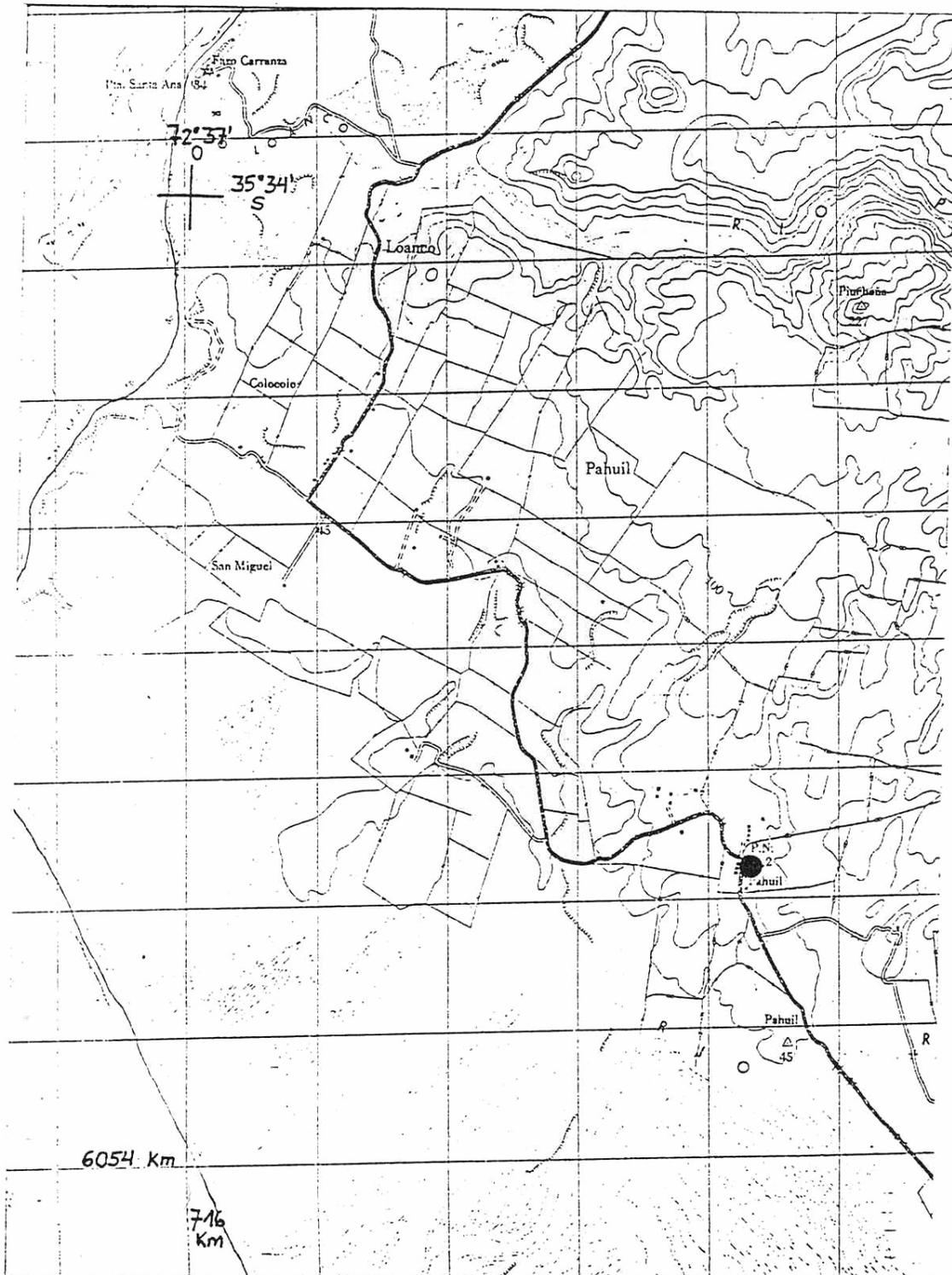


Fig. 5.10 Plano de ubicación de la estación Pahuil (Escala 1:50.000).

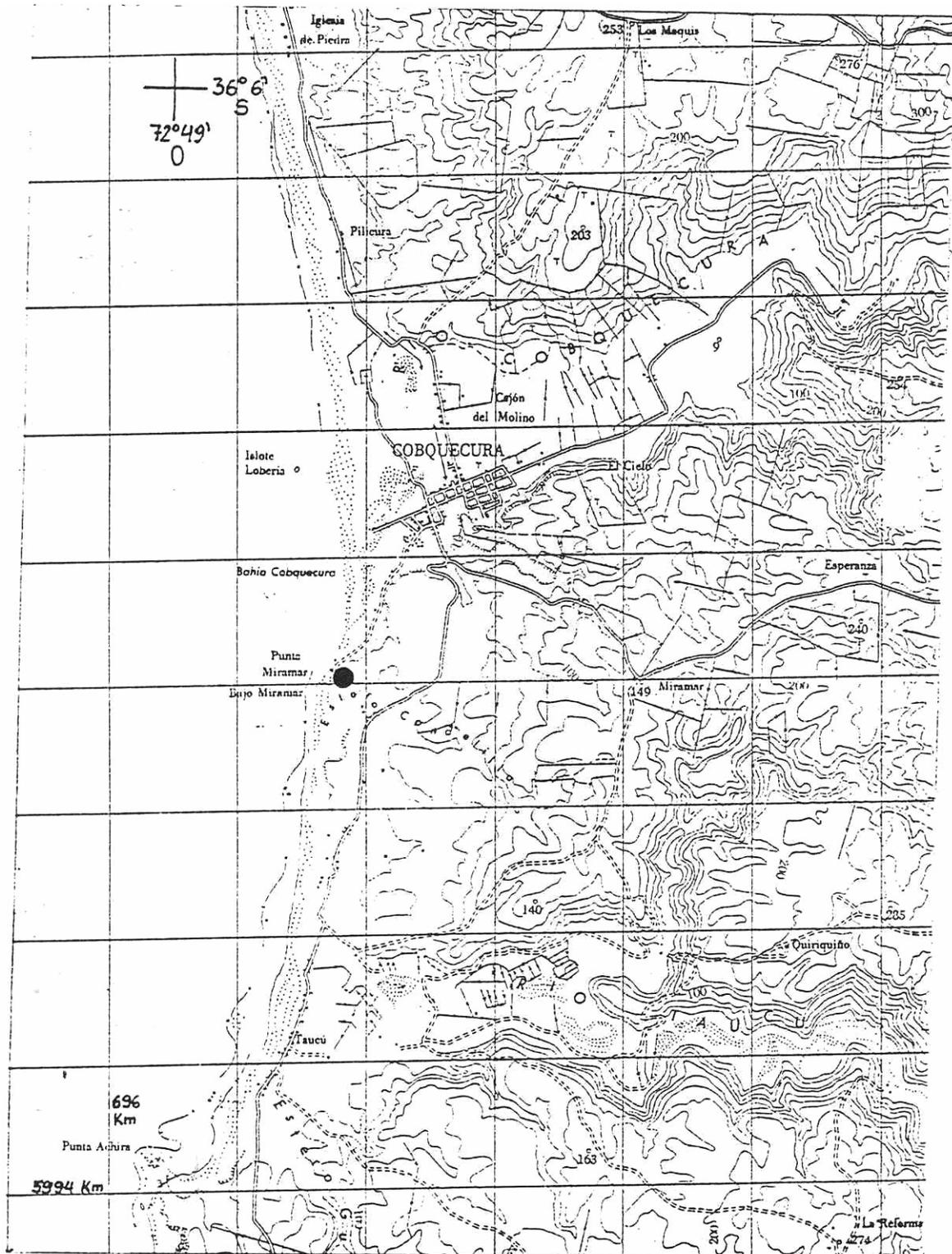


Fig. 5.11 Plano de ubicación de la estación Cobquecura (Escala 1:50.000).

- Actividades de terreno

La recopilación de datos se efectuó a través de visitas periódicas a las estaciones, durante las cuales se realizó la recuperación de la información, el reemplazo de baterías y la inspección y mantención de las instalaciones.

Las actividades de terreno realizadas durante el proyecto están resumidas en la Tabla 5.2. Los detalles están incluidos en el Anexo II. La información acumulada cubre un período superior a seis meses.

Al término de las actividades de terreno del proyecto, las estaciones quedaron instaladas funcionando, con el fin de continuar con la recopilación de información en esos lugares.

Tabla 5.2 Trabajos de terreno relacionados con las mediciones realizadas por el proyecto.

Fecha	Lugar	Descripción de actividades
9-Abr-92	Santiago	Pruebas de comparación de equipos.
13 a 14-Abr-92	Area norte	Instalación de equipos en 3 localidades.
27 y 29-Abr-92	Area sur	Instalación de equipos en 3 localidades.
14-May-92	Area norte	Recuperación de información de 3 estaciones.
4 a 5-Jun-92	Area sur	Recuperación de información de 2 estaciones.
11-Jun-92	Area sur	Recuperación de información de 1 estación.
22-Jun-92	Area norte	Recuperación de información de 3 estaciones.
3 a 4-Ago-92	Area sur	Recuperación de información de 3 estaciones.
4 a 5-Sep-92	Area norte	Recuperación de información de 3 estaciones.
15 a 16-Oct-92	Area sur	Recuperación de información de 3 estaciones.
13-Nov-92	Area norte	Recuperación de información de 3 estaciones.