

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

DESVIACION CAUCA-PACIFICO

INFORME
SOBRE
ENERGIA DISPONIBLE

RECONOCIMIENTOS DE SITIOS PARA PRESAS

ESBOZO DE INVESTIGACIONES FUTURAS

Noviembre 1957

OLAP-G&H-TAMS

Olarte, Ospina, Arias
& Payán Ltda.

Gibbs & Hill,
Inc.

Tippetts-Abbett-
McCarthy-Stratton

DESVIACION CAUCA-PACIFICO

INDICE

	Página
RESUMEN	iii
1. Investigaciones Anteriores	1
2. Propósito de Este Informe	2
3. Datos Topográficos	2
Datos anteriores	2
Datos nuevos	3
Longitud del túnel de desviación	3
4. Esbozo de Posibles Desarrollos	3
5. Energía Disponible	4
6. Etapa I, Desarrollo de Bitaco	8
7. Presa de Desviación del Río Cauca	8
8. Túnel Vijes-Bitaco	9
9. Embalse de Bitaco, Conducción y Planta de Fuerza	10
10. Etapa II, Desarrollo de Boquerón	11
11. Etapa III, Desarrollo San Cipriano	12
12. Programa de Investigaciones y Construcción	14
Medidas hidrológicas y estudios sobre utiliza- ción de aguas	14
Exploraciones y estudios geológicos para el túnel Vijes-Bitaco	15
Anteproyecto	15
Financiación	16
Diseño y construcción	16

INDICE (Continuación)

Página

CUADROS

- | | |
|---|-------|
| 1. Resumen de Desviaciones Admisibles Hacia el Pacífico | 4 |
| 2. Energía Disponible | 5 & 6 |
| 3. Programa de Investigaciones y Construcción | 13 |

DIBUJOS

1. Plano General de Localización
2. Plano General de los Proyectos del Río Cauca al Pacífico y de Utilización Hidroeléctrica
3. Zona de Toma
4. Perfil General de los Proyectos
5. Central de Bitaco - Plano General
6. Programa de Investigaciones Topográficas y de Estaciones de Aforo

FOTOGRAFIAS

Enseguida de la
página 8 en el
informe en inglés

Sitio Para Presa de Desviación del Río Cauca - Alternativa I

Sitio Para Desviación del Río Cauca - Alternativa I
Estribación en la Primera Parte del Túnel
Sitio de la Presa Mirando Aguas Arriba

Sitio Para Presa de Desviación del Río Cauca - Alternativa II
Margen Derecha del Río
Vista General Desde Aguas Arriba

Embalse de Regulación del Río Bitaco
El Río Bitaco Aguas Arriba de la Presa
Sitio de la Presa Mirando Aguas Arriba

Embalse de Regulación del Río Bitaco - Sitio de la Presa

Sitio de la Presa de Compensación de Loboguerrero -
Mirando Aguas Arriba

RESUMEN

Aunque el proyecto de finalidad múltiple de Timba en un principio fué concebido primordialmente para el control de inundaciones, la generación de energía, y la irrigación, controlará al mismo tiempo el caudal del Río Cauca de tal manera que será posible— mientras se atiende a las necesidades de riego—desviar una cantidad apreciable de agua del Río Cauca hacia la vertiente del Pacífico. Un análisis indica que por lo menos $100 \text{ m}^3/\text{s}$ quedarán disponibles sobre una base continua el 100% del tiempo y $120 \text{ m}^3/\text{s}$ el 80% del tiempo. Después de la construcción del proyecto de Salvajina estas cifras se podrán aumentar en aproximadamente una décima parte.

El nivel de agua del Río Cauca en Vijos (cerca del probable punto de desviación) es de 946 m sobre el nivel del mar. Es factible desarrollar una caída de 856 m a un lugar sobre el Río Dagua donde su nivel de agua es de 90 m sobre el nivel del mar.

Los reconocimientos realizados hasta el presente indican la conveniencia de un desarrollo en tres etapas con base en una caída total de 850 m. Teniendo en cuenta aguas adicionales provenientes de ríos interceptados en la vertiente del Pacífico, las capacidades instaladas con base en un factor de 60% (para energía primaria) son las siguientes:

			<u>Capacidad Instalada</u>
Etapa I	Bitaco	275 m	416,000 kw
Etapa II	Boquerón	300	475,000
Etapa III	San Cipriano	<u>275</u>	<u>436,000</u>
	Total	<u>850 m</u>	<u>1,327,000 kw</u>

La energía primaria disponible anualmente es de 6,400 millones kwh después de la construcción de Timba y 7,000 millones kwh después de Timba y Salvajina.

Además, estará disponible una gran cantidad de energía secundaria. Si se limitara a la disponible el 80% del tiempo y se presume que puede ser utilizada por distintas clases de consumidores industriales, se podrá generar anualmente 1,200 millones de kwh de energía firme adicional. La generación total anual de energía firme será por tanto de 7,600 millones kwh después de Timba y de 8,200 millones kwh después de Salvajina.

Los aspectos principales de la Etapa I (Bitaco) incluyen una presa de desviación, el túnel Vijes-Bitaco, el embalse de Bitaco, la conducción de Bitaco y la planta de Bitaco.

La presa de desviación sobre el Río Cauca estaría provista de compuertas de cresta diseñadas para el paso de las crecientes del Río Cauca. Se necesitaría una bocatoma para admitir de 130 m³/s hasta 260 m³/s de agua al túnel Vijes-Bitaco excluyendo al mismo tiempo los sedimentos.

El túnel Vijes-Bitaco tendría una longitud de 20 a 21 km, diámetro de 8 m y sería revestido en concreto. Conduciría al embalse de Bitaco, el cual estaría formado por una presa de unos 65 m de altura. Con una capacidad de almacenamiento de 20 millones m³ este embalse proporcionaría pondaje para la regulación del caudal a fin de atender a las variaciones horarias y diarias en la demanda de energía.

La conducción de Bitaco incluiría 4.2 km de túnel de presión y una tubería de carga de 300 m que conduciría a la casa de máquinas subterránea de Bitaco. Desde la casa de máquinas el agua saldría por un túnel de fuga con una longitud de 500 m.

Los aspectos principales de la Etapa II, Boquerón, incluirían:

- El embalse de re-regulación de Loboguerrero
- La conducción Bitaco-Boquerón
- La planta de Boquerón

Como en el caso del embalse de Bitaco, el pondaje en el embalse de re-regulación de Loboguerrero se necesita para la regulación horaria y diariamente. Este embalse se construiría mediante una presa localizada alrededor de 1 km aguas arriba de la confluencia de los Ríos Bitaco y Dagua. La conducción Bitaco-

Boquerón tendría una longitud de alrededor de 10 km, en general paralela al Río Dagua. Una tubería de carga de unos 320 m conduciría a la casa de máquinas subterránea del Boquerón, de donde saldría un túnel de fuga de 1.5 km de longitud hasta el Río Pepita.

Los reconocimientos han indicado que la Etapa III, San Cipriano, consistiría de: un embalse de re-regulación sobre el Río Pepita formado por una presa de 30 a 40 m de alto, el túnel Pepita-San Cipriano con una longitud de unos 10 km, la casa de máquinas subterránea de San Cipriano y un túnel de fuga de unos 5 km al Río Dagua.

Para los reconocimientos mencionados aquí se han obtenido todas las elevaciones clave utilizando nivel de precisión o mediante referencia a los perfiles de la vía del Ferrocarril del Pacífico y del oleoducto. Las elevaciones del terreno sobre el túnel Vijes-Bitaco han sido obtenidas utilizando altímetro. Las fotografías aéreas disponibles han resultado muy útiles.

En general, los datos topográficos e hidrológicos disponibles son adecuados para establecer las características generales de la mayor parte de los aspectos principales del proyecto, entre otros: la longitud del túnel Vijes-Bitaco, caída bruta para cada una de las tres etapas, capacidades de los embalses de re-regulación de Bitaco y Boquerón y la longitud de todos los túneles con excepción de los de Pepita-San Cipriano y del túnel de fuga de San Cipriano.

Las investigaciones técnicas requeridas para llevar adelante el proyecto comprenden principalmente: mediciones hidrológicas; exploraciones e investigaciones geológicas para el túnel Vijes-Bitaco; e investigaciones de anteproyecto, incluyendo exploraciones del subsuelo, reconocimientos topográficos y diseños preliminares para las estructuras principales y estudios sobre el mercado para la energía.

Los estudios sobre el mercado de energía deben comprender un análisis económico y pronóstico de las necesidades de carga de las industrias grandes que podrían radicarse en el Valle del Cauca atraídas por la energía barata producida por el proyecto. (Sería ventajoso iniciar negociaciones preliminares con tales industrias durante esta etapa.) Un análisis similar para las grandes indus-

trias electro-químicas que podrían interesarse en radicarse en el puerto de Buenaventura (al cual se podrían transportar fácilmente las materias primas para su tratamiento electro-químico) se debe llevar a cabo al mismo tiempo. Además de estos clientes industriales, se debe llevar a cabo un cálculo sobre las necesidades de energía para un aumento de carga normal en el Valle del Cauca; también se deben estudiar los aspectos económicos de la interconexión a alto voltaje con las zonas contiguas (principalmente Caldas, Antioquia y Cundinamarca).

1. Investigaciones Anteriores

En Abril de 1955 el Ingeniero Antonio José Borrero Holguín, miembro del Comité Nacional de Planeación, propuso el estudio de una alternativa al Proyecto Hidroeléctrico del Río Calima consistente en la desviación del Río Cauca hacia la vertiente del Pacífico para la utilización de la cabeza resultante en dos plantas, la una situada cerca de Loboguerrero y la otra cerca de Cisneros. Esta propuesta fué sometida a la consideración del Presidente de la República durante una reunión en Palacio el 13 de Julio de 1956, a la cual asistieron miembros del Comité Nacional de Planeación, del Consejo Directivo de la CVC y otras personas. Después de esta reunión el Ministro de Fomento, cumpliendo instrucciones del Presidente de la República, transmitió una carta con fecha 19 de Julio de 1956, al Director Ejecutivo de la CVC, pidiéndole sus comentarios al acta de la reunión del 13 de Julio.

Es de observar que este proyecto fué concebido y propuesto hace varios años por el Ingeniero Alex M. Torpen y también por el Ingeniero Carl L. Williams de la Compañía Colombiana de Electricidad, y fué mencionado por OLAP en su "Plan General de Electrificación" entregado al Departamento del Valle en 1949.

También es de observar que en el "Informe Sobre el Desarrollo Integral de los Recursos Hidráulicos y de Energía Eléctrica en el Valle del Cauca", presentado a la CVC en Enero de 1956 por OLAP-G&H-TAMS se hizo un análisis más a fondo del proyecto. Se llegó entonces a la conclusión de que encerraba posibilidades muy prometedoras para el futuro, pero que su realización requeriría, como requisito previo, la regulación del Río Cauca mediante el embalse de Timba y posiblemente el de Salvajina; mientras tanto, se recomendó llevar a cabo más estudios del proyecto.

Después de recibir la carta del Ministro de Fomento fechada el 19 de Julio de 1956, la CVC la contestó por medio de un memorandum con fecha 13 de Agosto de 1956 titulado "Memorandum Sobre las Opiniones del Dr. Antonio José Borrero Holguín Relativas al Proyecto de Calima". Este memorandum trató específicamente de las siguientes alternativas a la construcción del proyecto de Calima:

- (a) Desviación del Río Cauca hacia el Pacífico
- (b) Desviación del Río Calima hacia el Río Dagua

Posteriormente, el Dr. Jacques Torfs, del Comité Nacional de Planeación, preparó un informe sobre el programa de la CVC y el Dr. Borrero Holguín presentó un análisis de tal informe al Comité Nacional de Planeación el 4 de Octubre de 1956. Mediante carta fechada el 18 de Octubre de 1956, el Dr. Alvaro Ortiz Lozano, Director Ejecutivo del Comité Nacional de Planeación, transmitió a la CVC el análisis del Dr. Borrero Holguín.

La CVC preparó un memorandum con fecha Noviembre de 1956, titulado "Memorandum Sobre el Análisis por el Dr. Antonio José Borrero Holguín de un Informe del Dr. Jacques Torfs". Este contenía los comentarios de la CVC sobre las conclusiones del Dr. Borrero Holguín, sobre todo en lo referente a la cabeza y longitud de túneles necesarios para el desarrollo Cauca-Pacífico; el memorandum expresaba también que un cálculo preliminar, reconocidamente aproximado debido a la falta de datos, indicaba que el costo de una etapa inicial de 120,000 kw (igual a la capacidad total de Calima) sería por lo menos de 3,000 pesos por kw, o alrededor de 4 veces mayor que el costo de Calima.

2. Propósito de Este Informe

Este informe presenta un cálculo de la energía disponible en el proyecto propuesto Cauca-Pacífico.

Resume también los datos topográficos disponibles antes de Noviembre de 1956 y los datos adicionales obtenidos después de esa fecha. Con base en esta información, complementada por reconocimientos en el campo se esbozan las posibilidades de utilizar la caída disponible de casi 950 metros entre el Río Cauca y el Océano Pacífico.

Se han esbozado las investigaciones futuras que deben ser llevadas a cabo para seguir adelante con este proyecto, lo mismo que un programa tentativo para ello.

3. Datos Topográficos

Datos anteriores: Antes de Noviembre de 1956, se disponía de los siguientes datos topográficos:

a) Restitución aérea de la zona localizada al sur de una línea que pasa aproximadamente por Vijos-Pavas-Dagua, (N-898.000) y al este de E-1.038.000. Ver Fig. 6.

b) Fotografías aéreas de los Ríos Dagua, Anchicayá, Grande y Bitaco.

c) Planos de la localización del Ferrocarril del Pacífico y del oleoducto.

d) Reconocimientos de la zona del embalse de Calima.

Datos nuevos: Desde Noviembre de 1956 la CVC ha obtenido los siguientes datos:

1) Determinación preliminar, mediante altímetro, de las elevaciones relativas de los Ríos Cauca, Grande, Bitaco y Dagua hasta la confluencia de los dos últimos en Loboguerrero.

2) Líneas a taquímetro y a nivel de precisión Madroñal-Restrepo-Alpes (punto geodésico del Instituto Geográfico) y Restrepo-Puente Río Grande-Loboguerrero.

3) Perfil de los cauces de los Ríos Grande y Bitaco en la vecindad de la salida del túnel de desviación.

Longitud del túnel de desviación: En los intercambios de correspondencia anotados arriba, uno de los puntos principales de discrepancia fué la longitud del túnel de desviación entre el Río Cauca y la vertiente del Pacífico. Para el memorandum de la CVC fechado en Noviembre de 1956, fué posible establecer esta longitud utilizando solamente métodos aproximados, incluyendo reconocimientos aéreos; la longitud así determinada fué de 20 km. Sin embargo, los reconocimientos posteriores indicados arriba confirmaron este cálculo como exacto. Una ruta alternativa para el túnel, descrita abajo, aumentaría la longitud a 21 km.

4. Esbozo de Posibles Desarrollos

El Río Cauca cerca de Vijos (el posible lugar de desviación) tiene una elevación promedio de 946 m y varía entre El 945 y El 948. Los reconocimientos existentes indican la posibilidad de desarrollar una caída de 856 m, a un punto en el Río Dagua donde el nivel de agua alcanza El 90. Ver Figs. 2 y 4.

Los reconocimientos de que se dispone indican la conveniencia de un proyecto en tres etapas, con la caída disponible redondeada

a 850 m. (Ver Figs. 2 y 5):

Etapa I	Bitaco	275 m
Etapa II	Boquerón	300 m
Etapa III	San Cipriano	<u>275 m</u>
	Total	<u>850 m</u>

5. Energía Disponible

El informe de Enero de 1956 sobre "El Desarrollo Integral de los Recursos Hidráulicos y de Energía Eléctrica en el Valle del Cauca" indicó (páginas 13-1 y G-2) que después de la construcción de la presa de Timba sería posible desviar un mínimo de 38 m³/s en forma continua desde el Río Cauca hacia la vertiente del Pacífico sin interferir con la irrigación.

Pronto será dado a la publicidad un análisis posterior que se hizo como parte de los estudios para el Informe sobre el Proyecto de Timba. Las conclusiones de este análisis, que figuran en el Apéndice D del Informe, se han resumido en el Cuadro 1.

CUADRO 1

RESUMEN DE LAS DESVIACIONES ADMISIBLES HACIA EL PACIFICO (metros cúbicos por segundo)

	Porcentaje de tiempo disponible		
	100	90	80
I Con sólo Timba y la mitad del valle desarrollado	100	110	120
II Con sólo Timba y el valle totalmente desarrollado	70	85	100
III Con Timba y Salvajina y el valle totalmente desarrollado	110	120	130

Existen dos razones para el aumento marcado en la desviación admisible al Pacífico que surgen del análisis nuevo. Primero, se tomó en cuenta la cantidad electiva de lluvia durante los años extremadamente secos de 1946, 1947 y 1948 en lugar de las "aguas lluvias mínimas durante 12 meses consecutivos", como se hizo en

CUADRO 2

ENERGIA DISPONIBLE

	m	Bitaco		Boquerón		San Cipriano		Total	
		A	B	A	B	A	B	A	B
		275	275	300	275	275	275	-	-

1. Cabeza (bruta)

Energía Primaria

2. Caudal 100% del tiempo ^{b)}	m ³ /s	113	103	119	109	119	109	-	-
3. Energía = (2) x (1) x 8 ^{c)}	Mwc	249	227	285	262	262	240	796	729
4. ídem	Mkwh/año	2180	1990	2500	2290	2290	2100	6970	6380
5. Pico a factor de utilización del 60%	Mw	416	378	475	436	436	400	1327	1214

Capacidad Instalada

Energía Secundaria

6. Caudal 90% del tiempo ^{b)}	m ³ /s	124	114	132	122	132	122	-	-
7. Caudal adicional = (6)-(2)	m ³ /s	11	11	13	13	13	13	-	-
8. Energía adicional = (7) x (1) x 8 x 0.90e)	Mwc	22	22	28	28	26	26	76	76
9. ídem	Mkwh/año	193	193	245	245	227	227	665	665
10. Caudal 80% del tiempo ^{b)}	m ³ /s	135	125	145	135	145	135	-	-
11. Caudal adicional = (10)-(6)	m ³ /s	11	11	13	13	13	13	-	-
12. Energía adicional = (11) x (1) x 8 x 0.80e)	Mwc	20	20	25	25	23	23	68	68
13. ídem	Mkwh/año	175	175	219	219	201	201	595	595

CUADRO 2 (Continuación)

ENERGIA DISPONIBLE

	m	Bitaco			Boquerón			San Cipriano			Total		
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1. Cabeza (bruta)		275		300		275							

14. Total energía secundaria ^{a)} (9) + (13)	Mkwh/año	368	368	464	464	428	428	428	428	1260	1260	1260	1260
15. Total energía primaria y secundaria) (4) + (14)	Mkwh/año	2548	2358	2964	2754	2718	2528	2528	8230	7640	7640	7640	7640
16. Factor de utilización promedio = (15)/(capacidad instalada x 8760)	%	70	65	71	66	71	66	71	66	71	66	71	66

a) Disponible por lo menos el 80% del tiempo.

b) Caudales adicionales de tributarios:

	Porcentaje del tiempo		
	100	90	80
Rfo Bitaco	3	4	5
Rfo Grande	6	8	10
Total	9	12	15

e) El uso del factor 8 equivale a suponer una eficiencia total de 82%. La eficiencia total de las turbinas y generadores debe ser más o menos 90%; así que 8% se deja para pérdidas por fricción, lo que debe ser suficiente.

SIMBOLOS:

A = Con Timba y Salvajina.

B = Con sólo Timba y el valle desarrollado por mitad.

Mw = Megawattios.

Mwe = Energía en megawattios continúos.

Mkwh/año = Millones de kilowattios-hora anuales.

el "Informe Sobre el Desarrollo Integral de los Recursos Hidráulicos y de Energía Eléctrica en el Valle del Cauca". Segundo, las necesidades de agua para la irrigación en los meses ocasionales de lluvias escasas fueron suministradas en parte utilizando agua almacenada en el suelo. (Los estudios de suelos recientemente concluidos por el Departamento Agropecuario de la CVC indican que los suelos del Valle tienen una capacidad de almacenamiento de agua de 100 a 150 mm. Se supuso que se podría utilizar hasta 75 mm de esta agua durante los períodos de sequía.)

Se ha computado la energía disponible en el Cuadro 2, utilizando los caudales indicados en el Cuadro 1.

La energía primaria disponible con sólo Timba (y durante 10 años por lo menos, o hasta que esté desarrollada la mitad del valle) es de 729 Mw continuos que equivalen a 6,380 millones kwh anuales. A un factor de carga de 60%, esta cantidad de energía sería suficiente para suministrar un pico de 1,214 Mw.

Las cifras correspondientes a la energía disponible después de terminar Salvajina son: energía primaria de 796 Mw continuos o 6,970 millones kwh anuales que atenderían a un pico (a un factor de carga de 60%) de 1,327 Mw.

Como se indica más adelante, un pondaje de alrededor de 15 millones m³ está disponible a la salida del túnel Vije-Bitaco, y cantidades menores de pondaje en los embalses de re-regulación de Boquerón y Pepita. Se ha hecho un análisis preliminar que indica que estas cantidades de pondaje son suficientes para que cada planta produzca los picos indicados en la línea 5 del Cuadro 2 (columnas encabezadas "A") que se refiere a las condiciones existentes después de construida Salvajina.

Si unos estudios más detallados llegaran a indicar que estas cantidades de almacenamiento no son posibles—o si estudios que se hagan en el futuro sobre la energía del sistema indicaran que se requieren cantidades bastantes más grandes de almacenamiento—se podrían reducir las capacidades instaladas en las tres estaciones; pero todavía se podría lograr un pico de sistema de cerca de 1,300 Mw mediante el almacenamiento por bombeo utilizando energía fuera de pico o nocturna para bombear a un embalse y empleando

esta agua durante las horas de pico para producir el número necesario de kilowattios-hora. El embalse para esto podría ser el de Bitaco; o, como posibilidad adicional, el de Calima.

El Cuadro 2 también muestra la energía secundaria que se puede desarrollar el 90% y el 80% del tiempo. El total de energía secundaria disponible el 80% del tiempo es de 1,260 millones de kwh anuales. Como esta energía estaría disponible sobre una base continua dentro de ese período, se cree que sería de interés para una industria electro-química.

Incluyendo la energía secundaria, el total de energía disponible sería de 7,640 millones de kwh/año con sólo Timba y de 8,230 millones de kwh/año después de la terminación de Salvajina.

6. Etapa I. Desarrollo de Bitaco

Los aspectos principales de esta etapa incluiría lo siguiente:

- Presa de desviación del Río Cauca
- Túnel Vijes-Bitaco
- Embalse de Bitaco
- Conducción de Bitaco
- Planta de Bitaco

7. Presa de Desviación del Río Cauca

Para la localización de la presa de desviación del Río Cauca la topografía de que se dispone indica que existen dos posibilidades: la una alrededor de 1 km aguas arriba de la desembocadura del Río Amaime y la otra alrededor de 2.5 km más arriba. Ver Figs. 2 y 3. Las longitudes correspondientes del túnel Vijes-Bitaco son de 21 y 20 km respectivamente.

Aunque el diseño de la presa de desviación no requiere más que las exploraciones para fundaciones y levantamientos topográficos usuales, envuelve varios problemas difíciles de diseño hidráulico, que incluyen los siguientes:

1. La capacidad requerida para el paso de inundaciones requerirá compuertas de cresta. El diseño de éstas estará influenciado por la rectificación propuesta del cauce del Río Cauca para el control de inundaciones.

2. La toma para el túnel Vijes-Bitaco tiene que ser de capacidad suficientemente grande para hasta por lo menos 130 m³/s de agua, excluyendo al propio tiempo los sedimentos indeseables. Se supone que se requerirán facilidades para poder soltar periódicamente el agua de la presa, a fin de limpiar el sedimento aguas abajo y lejos de la toma. Se debe iniciar enseguida la toma de medidas para obtener información adecuada sobre las características sedimentarias del Río Cauca y su variación a través de un período de varios años.

Para el estudio de ambos problemas se precisarán estudios hidráulicos de laboratorio.

8. Túnel Vijes-Bitaco

Para un caudal de 130 m³/s, un túnel revestido de 8.0 m de diámetro tendría una velocidad de 2.6 m³/s y una pérdida por fricción de alrededor de 0.4 m por km. Como la longitud del túnel será de 20 a 21 km, según el sitio escogido para la presa de desviación, la pérdida por fricción sería de 8.0 a 8.4 m. Para el pondaje requerido en Bitaco (véase abajo), esta pérdida permitiría una elevación máxima de 939, la cual sería adecuada. Por tanto, parece que un diámetro de 8.0 m para el túnel Vijes-Bitaco sería adecuado.

Bajando el nivel en el embalse de Bitaco, sería posible aumentar apreciablemente el caudal por el túnel sin aumentar su diámetro. (Una elevación del embalse de 915 permitiría duplicar el caudal a 260 m³/s.) Tal aumento haría posible la generación de una cantidad grande de energía secundaria en los tiempos de afluencia grande en el Cauca. El nivel más bajo en el embalse de Bitaco resultaría en menos pondaje, pero esto posiblemente no sería de importancia si el factor de carga resultara más alto que 60% (lo que sería probable en caso de que se utilice gran cantidad de la carga para la industria electro-química).

El memorandum de la CVC de Noviembre de 1956 indicó que la topografía de la Cordillera Occidental es tal que el túnel tendría que ser excavado sólo desde los dos extremos, sin emplear apiques; y que en vista de su diámetro y longitud grandes, el túnel Vijes-Bitaco figuraría como uno de los túneles más grandes del mundo.

Sin embargo los reconocimientos subsiguientes han comprobado la existencia de dos depresiones muy marcadas en el perfil de la montaña (ver Fig. 4) que indican que puede ser factible

hacer un acceso por medio de un pozo intermedio de alrededor de 300 m. de profundidad localizado a 8 km del extremo inferior del túnel.

Al cruzar la cordillera el túnel estaría a 900 m^{*} bajo la superficie. Con base en los escasos reconocimientos geológicos disponibles hasta ahora, y considerando la experiencia obtenida en la construcción de túneles grandes en otras partes del mundo, las siguientes dificultades pueden presentarse durante la construcción, a no ser que sean excluidas por las exploraciones y los estudios geológicos propuestos al final de este memorandum:

1. Exceso de agua debido a numerosas fallas. (Requeriría obras costosas para sacar el agua debido a la distancia tan larga a cada frente de trabajo.)

2. Altas temperaturas que requerirían un alto grado de ventilación. Si el túnel fuera construido utilizando sólo dos socavones, los ductos de ventilación finalmente tendrían que ser de 10 km de longitud.

3. Soportes provisionales muy fuertes requeridos en los sectores sedimentarios.

4. Será necesario forrar el túnel en los sectores donde existen roca diabásica altamente fracturada y sedimentos.

5. Se esperan bastantes derrumbes en la roca debido a las fracturas en la formación de la misma.

9. Embalse de Bitaco, Conducción y Planta de Fuerza

Como se indicó arriba, un embalse en el sitio de la salida del túnel Vijos-Bitaco es necesario para suministrar pondaje para la regulación semanal. Los reconocimientos (Ver Fig. 4) indican que existe un sitio para presa alrededor de 2 km aguas arriba de la boca del Río Grande; también pueden ser adecuados varios sitios más aguas arriba. En todos ocurren afloramientos de roca esquistosa, que parece firme; en cambio, existen también indicaciones de derrumbes en cada margen del río alrededor de 500 m aguas arriba del sitio escogido tentativamente.

Se ha calculado que una presa de alrededor de 40 m de altura con un nivel de agua de más o menos El 915 proporcionaría una capacidad de almacenamiento de 5 a 6 millones de

metros cúbicos. Para un nivel de agua de alrededor de El 940, el cual es más o menos el máximo permitido por la pendiente hidráulica del túnel Vijes-Bitaco, la altura de la presa sería de 65 m y la capacidad de almacenamiento sería de 20 millones de metros cúbicos; para una presa de esta altura, la longitud de la cresta sería de unos 150 m.

Debido a la importancia de la presa de Bitaco conviene llevar a cabo un programa intensivo de conservación de suelos y control de erosión para reducir la sedimentación en el embalse.

Tal como se prevee ahora, la conducción incluiría 4.2 km de túnel de presión y una tubería de carga de más o menos 300 m. La casa de máquinas sería subterránea y le seguiría un túnel de fuga de unos 500 m de longitud.

10. Etapas II, Desarrollo de Boquerón

Las fases principales de esta etapa incluiría:

Un embalse de re-regulación en Loboguerrero
Conducción Bitaco-Boquerón
Planta de Boquerón

Como en el caso del embalse de Bitaco, se necesitaría almacenamiento en el embalse de re-regulación de Loboguerrero para la regulación semanal. Los reconocimientos indicaron que la presa para el embalse requerido estaría localizada alrededor de 1,100 m aguas arriba de la confluencia de los Ríos Bitaco y Dagua, en el sitio donde el Bitaco pasa por su último tramo estrecho. Este sitio parece favorable para una presa de tierra o de roca, habiéndose observado afloramientos de roca esquistosa en ambas márgenes. La presa tendría unos 35 m de altura con una longitud de cresta de unos 200 m. La capacidad de almacenamiento de la presa sería de 2 a 4 millones m³. Para prolongar la vida de la presa, conviene realizar un programa de conservación de suelos en la cuenca del Río Grande, similar al programa recomendado para el Bitaco, aguas arriba de la presa de Bitaco.

La conducción Bitaco-Boquerón tendría una longitud de unos 10 km, totalmente en túnel con la posible excepción de un sifón

por debajo del lecho del Dagua. El túnel trabajaría a baja presión; tendría una longitud de unos 9 km y correría paralelo al Río Dagua. Su localización definitiva se debe escoger de tal manera que se pueda excavar por socavones construidos desde el cañón del Dagua. Arrancando del extremo inferior del túnel, una tubería de carga de unos 320 m de profundidad conduciría a la planta del Boquerón.

La planta Bitaco-Boquerón sería subterránea y un túnel de fuga de unos 1.5 km de longitud conduciría desde la planta hasta el Río Pepita.

11. Etapa III, Desarrollo San Cipriano

La Cabeza disponible para el desarrollo de la Etapa III es un tanto incierta debido a la falta de datos topográficos. El cañón del Dagua, con sus costados pendientes que proporcionan una cubierta adecuada para la construcción de túneles, termina cerca de su confluencia con la Quebrada San José (Km 37, El 132 sobre el ferrocarril). Desde este sitio aguas abajo, las laderas del cañón se vuelven más planas y son atravesadas por riachuelos de poca profundidad, aspectos estos poco favorables para la localización de un túnel de fuga, pues no proporcionan protección adecuada. El sector del Río Dagua que debe ser estudiado para la salida del túnel de fuga se extiende desde la Quebrada San José hasta el puente de San Cipriano (Km 26, El 66). Un sitio aparentemente favorable existe en la boca de la Quebrada Caballete (Km 30.5, El 90). Ver Fig. 2.

Un sitio para la creación de una presa de re-regulación sobre el Río Pepita (cuya función sería similar a la del embalse de re-regulación de Loboguerrero) fué localizado alrededor de 1,500 m aguas arriba de su confluencia con el Río Dagua, donde existe una garganta adecuada para una presa de tierra de 30 a 40 m de altura. No fué posible estimar la capacidad de este embalse.

Como en el caso del túnel Bitaco-Boquerón, el túnel Pepita-San Cipriano, con una longitud de unos 10 km, debe estar situado lo más cerca posible al cañón del Río Dagua para poder excavar el túnel desde varios socavones.

CUADRO 3

PROGRAMA DE INVESTIGACIONES Y DE CONSTRUCCION

Año	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<u>PROYECTO DE TIMBA</u>								
Diseño y adjudicación del contrato	XXXXXXXX							
Construcción		XXXXXXXXXXXX			XXXXXXXXXXXX			
<u>PROYECTO CAUCA-PACIFICO</u>								
Medidas hidrológicas	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX
Estudios hidrológicos y de la utilización de aguas	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX
Túnel Vijes-Bitaco; estudios geológicos y exploraciones	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX
Anteproyecto (a)	XXXXXXXXXXXX							
Financiación			XXXXXX					
Diseño		XXXXXX						
Construcción				XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX

(a) Incluye exploraciones del subsuelo y estudios geológicos para todas las estructuras con la excepción del túnel Vijes-Bitaco. Incluye estudios del mercado para energía y la publicación de un informe de anteproyecto.

La casa de máquinas de San Cipriano sería subterránea; su localización depende en gran parte de la del túnel de fuga.

12. Programa de Investigaciones y Construcción

El Cuadro 3 presenta un posible programa de investigaciones y construcción. Como es necesario construir el proyecto de Timba primero para poder regular el caudal del Río Cauca, el programa se basa sobre la iniciación del diseño de Timba en la mitad del año primero (Año I) y su terminación a mediados del Año V. Entretanto podrían seguir adelante las investigaciones para el proyecto Cauca-Pacífico y se podría empezar la construcción a principios del Año IV, es decir, $1\frac{1}{2}$ años antes de terminar Timba. Se presume tentativamente un plazo de construcción de cinco años que termina a fines del Año VIII.

Medidas hidrológicas y estudios sobre la utilización de aguas: Los caudales desviables hacia el Pacífico, indicados en el Cuadro 1, se tomaron del Apéndice D del Anteproyecto de Timba. En ese apéndice se explicó que los cálculos de estas afluencias son moderados y que estudios futuros más detallados muy probablemente resultarían en aumentos. Algunos de los factores que requieren estudios adicionales incluyen: consumo, lluvias disponibles, capacidad de humedad de los suelos del Valle del Cauca, posibilidades de almacenamiento en los ríos tributarios y suministro de agua subterránea.

Muchos de los estudios y exploraciones requeridos deben formar parte de las investigaciones para los distintos proyectos piloto de recuperación, tales como el de Bugalagrande-Zarzal, y otros proyectos al este de la zona plana, como los de Puerto Tejada, Candelaria, Cerrito, Tuluá y Cartago. Es obvio que todos estos estudios deben basarse sobre medidas adecuadas hidrológicas que deben ser acometidas sin demora.

El alcance y extensión de las medidas hidrológicas requeridas para las investigaciones sobre los caudales se describieron en el "Informe Sobre el Desarrollo Integral de los Recursos Hidráulicos y de Energía Eléctrica en el Valle del Cauca", Capítulo IV, Sección 18. Además de las estaciones descritas en ese informe se deben instalar las siguientes (Ver Fig. 6):

Río Grande en la desembocadura

Río Grande aguas arriba de la desembocadura del
Río Bitaco

Río Bitaco en la desembocadura

Río Pepita en la desembocadura

Exploraciones y estudios geológicos para el túnel Vije-

Bitaco: La CVC tiene actualmente 4 equipos completos de taladro capaces de extraer muestras de roca desde una profundidad máxima de 400 m. Por la Fig. 4 se ve que con este equipo sería posible explorar la mayor parte de la línea del túnel con excepción de la parte central. Se cree que las exploraciones obtenidas en esta forma serían adecuadas para realizar diseños.

Anteproyecto: Desde mediados del Año I hasta los primeros meses del Año III se podrían llevar a cabo exploraciones, estudios geológicos, reconocimientos y diseños preliminares para todas las estructuras requeridas con excepción del túnel Vije-Bitaco.

Durante este mismo período se llevarían también a cabo estudios sobre el mercado de energía. Parece probable que gran parte de la energía producida por este desarrollo sería utilizada por grandes industrias tales como las de procesos electroquímicos. Es posible que grandes consumidores industriales de este tipo encuentren favorable la ubicación en el Valle del Cauca donde existen condiciones favorables de mano de obra y de clima. Otras industrias podrían escoger radicarse en el puerto de Buenaventura, al cual se puede movilizar con facilidad las materias primas. Parece ventajoso entablar negociaciones preliminares con este tipo de industria durante esta etapa de las investigaciones del proyecto.

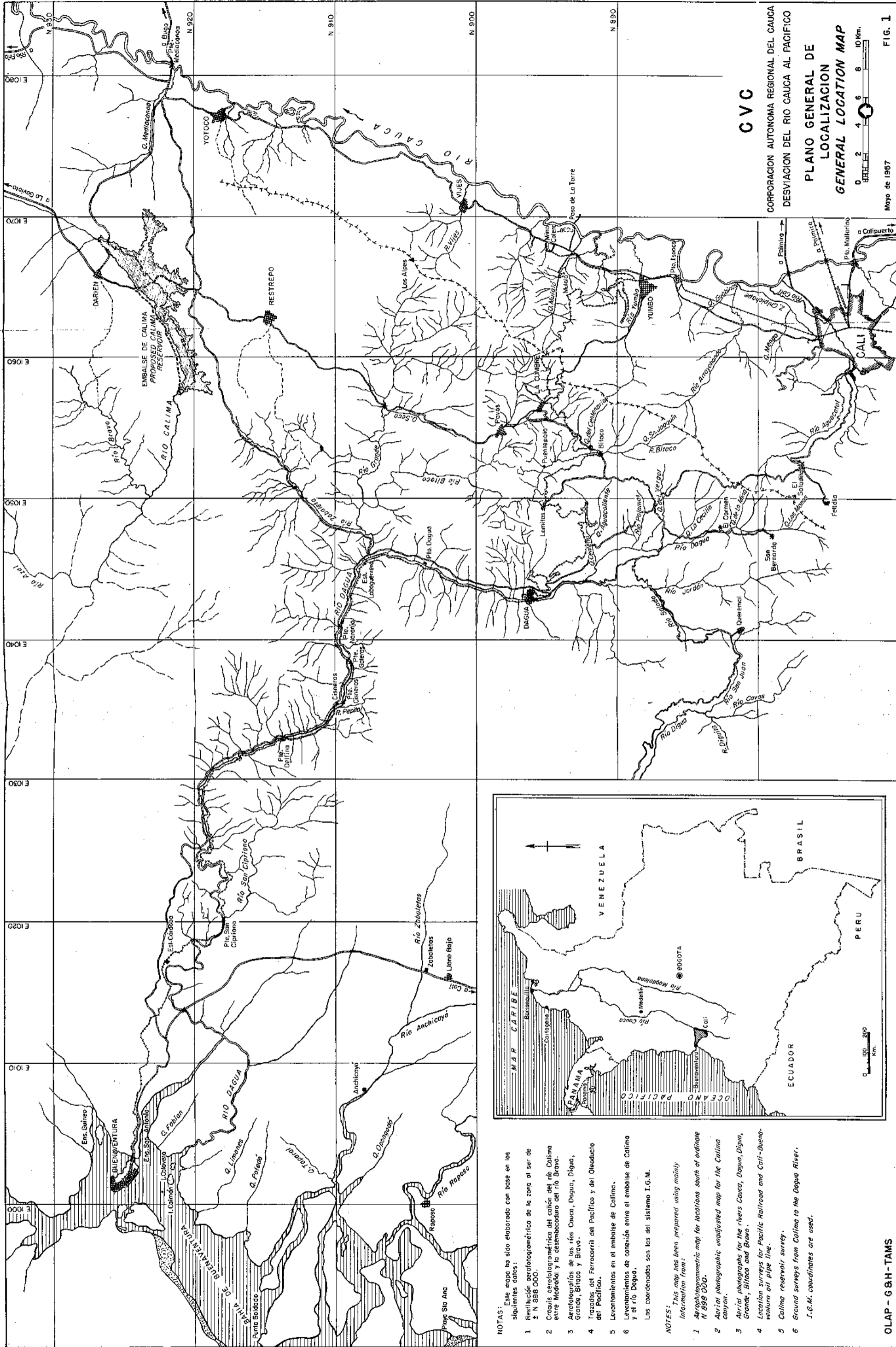
Fuera de estos clientes industriales, se debe llevar a cabo un estudio de las necesidades de energía para un crecimiento normal de carga en el Valle del Cauca. La CVC, en conjunto con otras entidades también debe estudiar al mismo tiempo la posibilidad de interconexiones de alto voltaje con los sistemas adyacentes, sobre todo aquellos que sirven a los Departamentos de Caldas, Antioquia y Cundinamarca. Si las investigaciones sobre

proyectos en gran escala han progresado lo suficiente en esas zonas, sería entonces posible comparar sus aspectos económicos con los del desarrollo Cauca-Pacífico.

Financiación: En el programa del Cuadro 3, se ha previsto tentativamente un año entre la publicación del anteproyecto y el comienzo de la construcción para hacer los convenios financieros entre las entidades prestatorias, clientes industriales y la CVC.

Diseño y construcción: Los trabajos de diseño se pueden llevar a cabo más o menos al tiempo con el período previsto para convenir la financiación. Una vez acordada ésta, se podría empezar la construcción en seguida.

Tomando en consideración los adelantos recientes en la construcción de túneles, parece razonable un período de cinco años para la construcción de todo el proyecto. Si resultare aconsejable, se podría extender este período, terminando sólo la Etapa I (Bitaco) en cinco años, y dejando las otras dos etapas para construcción posterior.



CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DESVIACION DEL RIO CAUCA AL PACIFICO

**PLANO GENERAL DE LOCALIZACION
GENERAL LOCATION MAP**

0 2 4 6 8 10 Km.
1:50,000

Mayo de 1967

NOTAS: Este mapa ha sido elaborado con base en los siguientes datos:

1. Restitucion aerofotogrametrica de la zona al sur de \pm N 898 000.
2. Croquis aerofotogrametrica del conon del rio Calima entre Medioña y la desembocadura del rio Bravo.
3. Aerofotografias de los rios Cauca, Dagua, Digua, Grande, Bitaco y Bravo.
4. Trazados del Ferrocarril del Pacifico y del Oleoducto del Pacifico.
5. Levantamientos en el embalse de Calima.
6. Levantamientos de conexión entre el embalse de Calima y el rio Dagua.

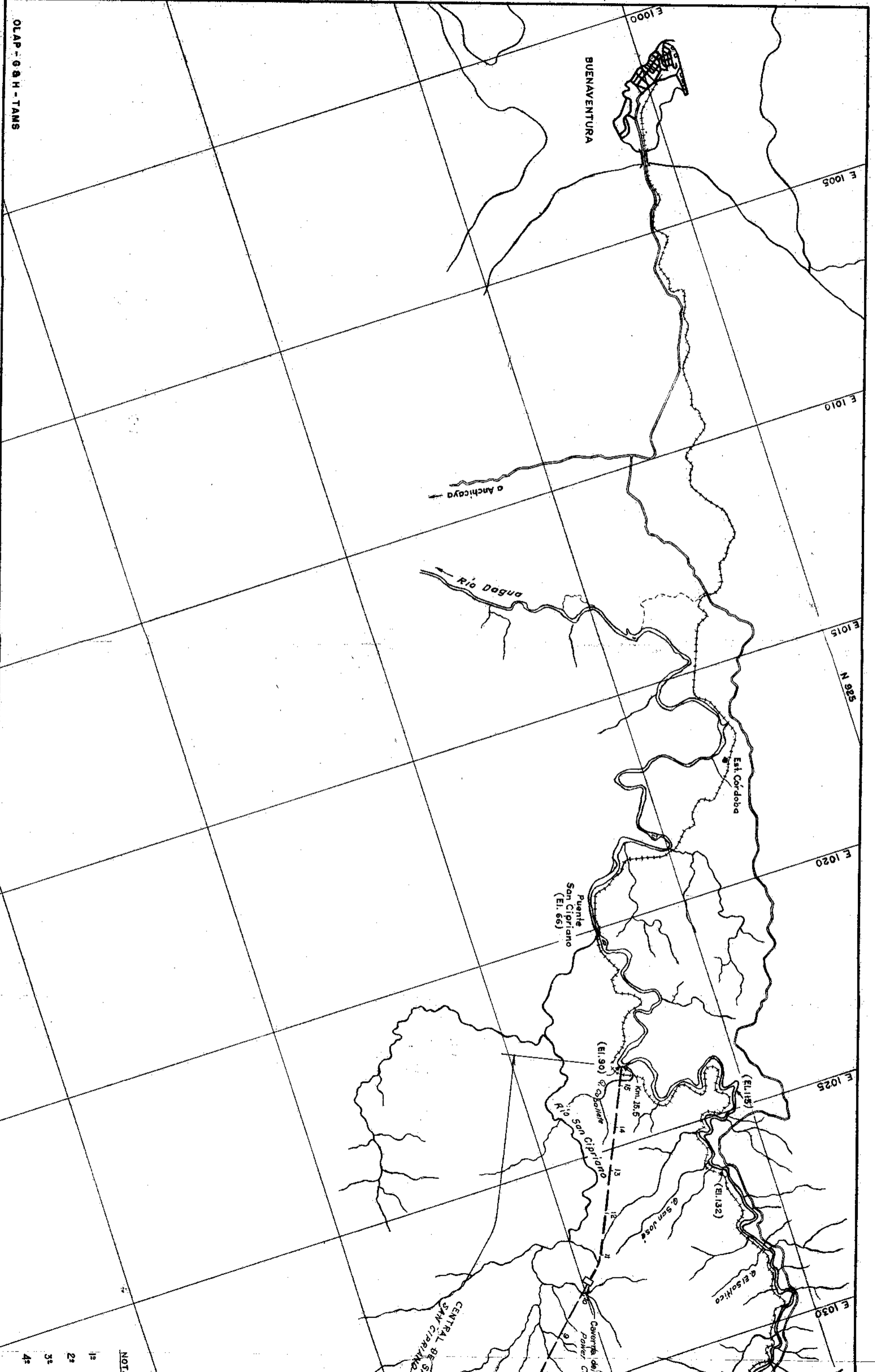
Las coordenadas son las del sistema I.G.M.

NOTES: This map has been prepared using mainly information from:

1. Aerophotogrammetric map for localities south of ordinate N 898 000.
2. Aerial photographic unadjusted map for the Calima canyon.
3. Aerial photographs for the rivers Cauca, Dagua, Digua, Grande, Bitaco and Bravo.
4. Location surveys for Pacific Railroad and Cali-Buenaventura oil pipe line.
5. Calima reservoir survey.
6. Ground surveys from Calima to the Dagua River.

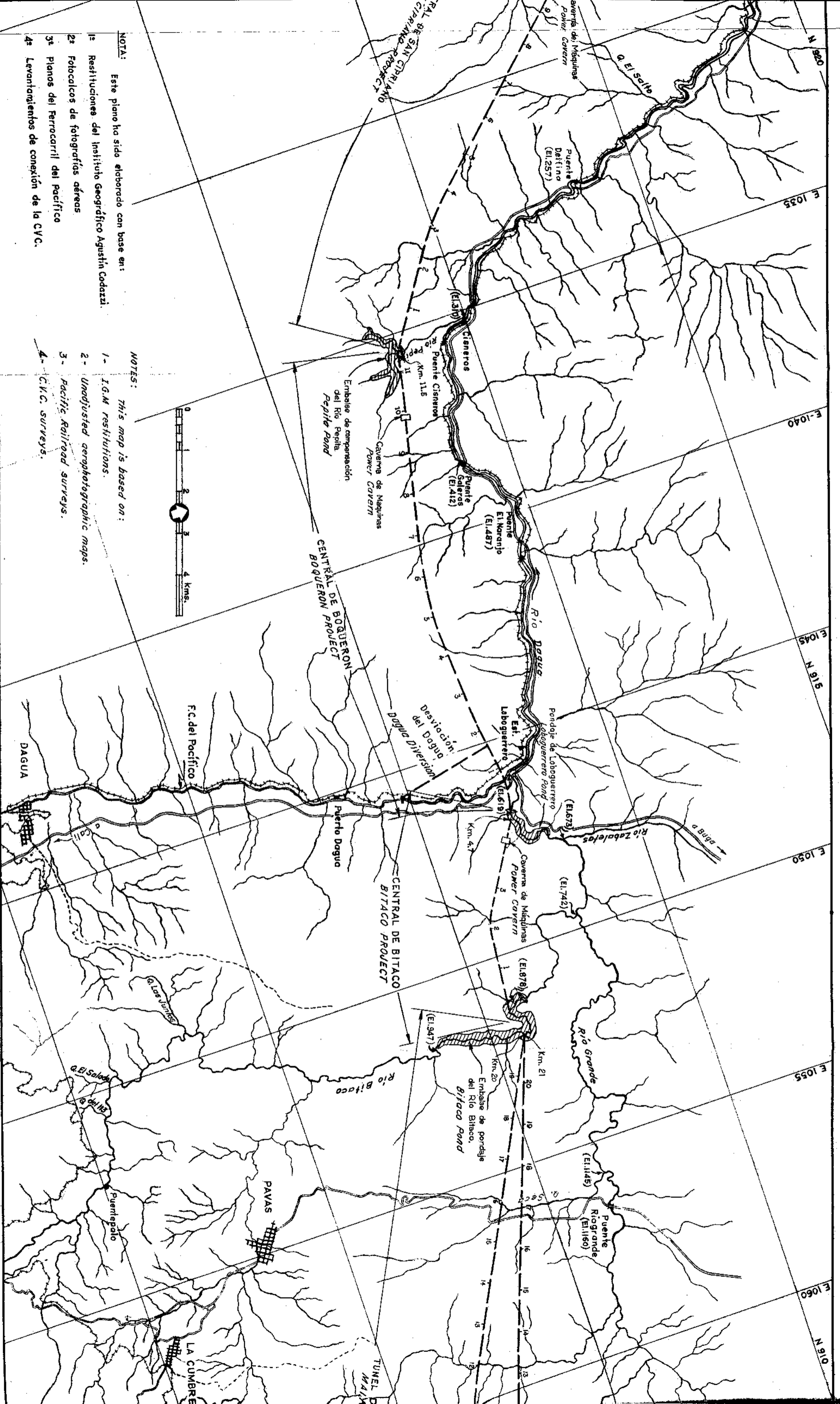
I.G.M. coordinates are used.

OLAP-68H-TAMS



NOTA

- 1a
- 2a
- 3a
- 4a



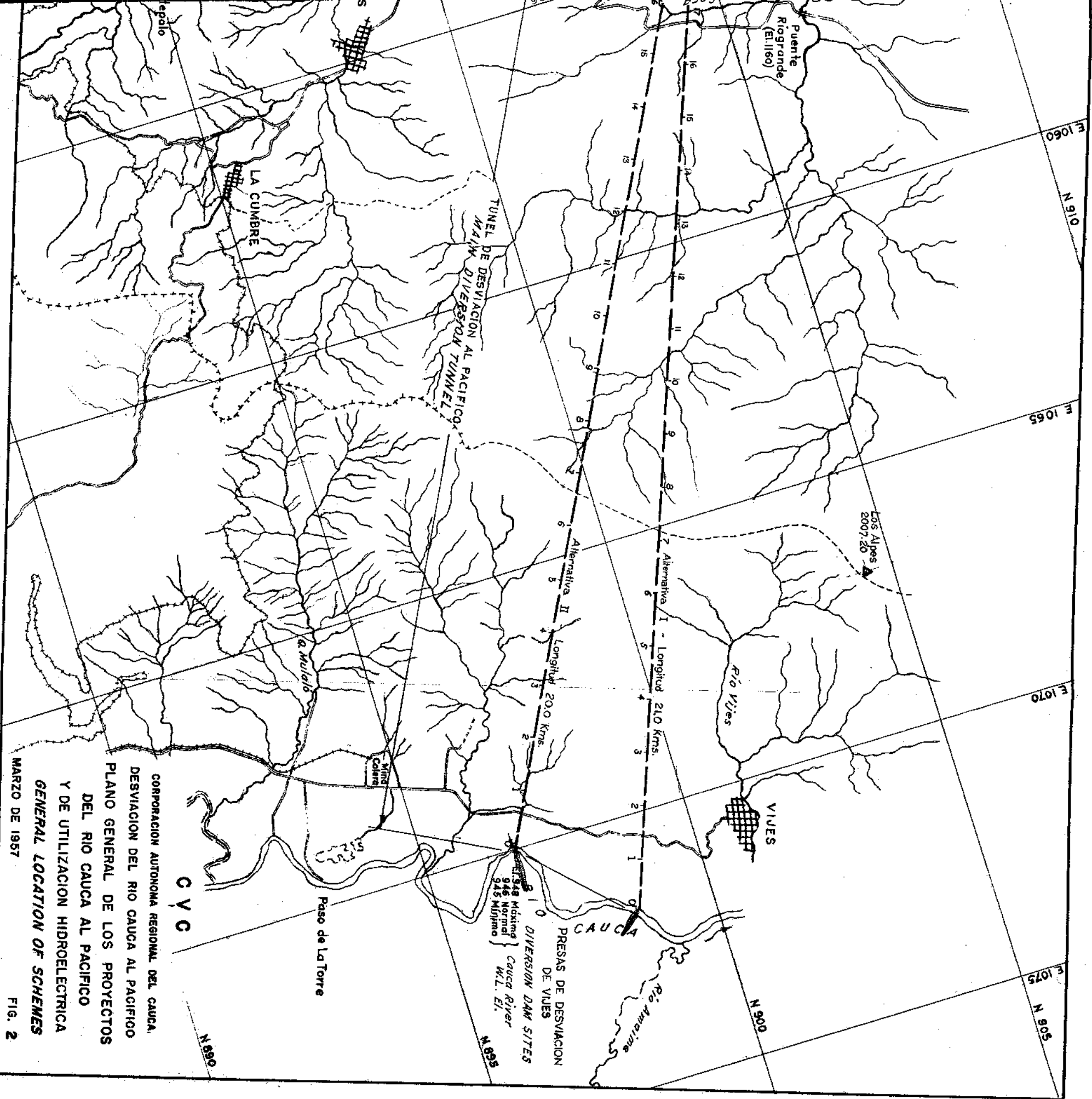
NOTA: Este plano ha sido elaborado con base en:

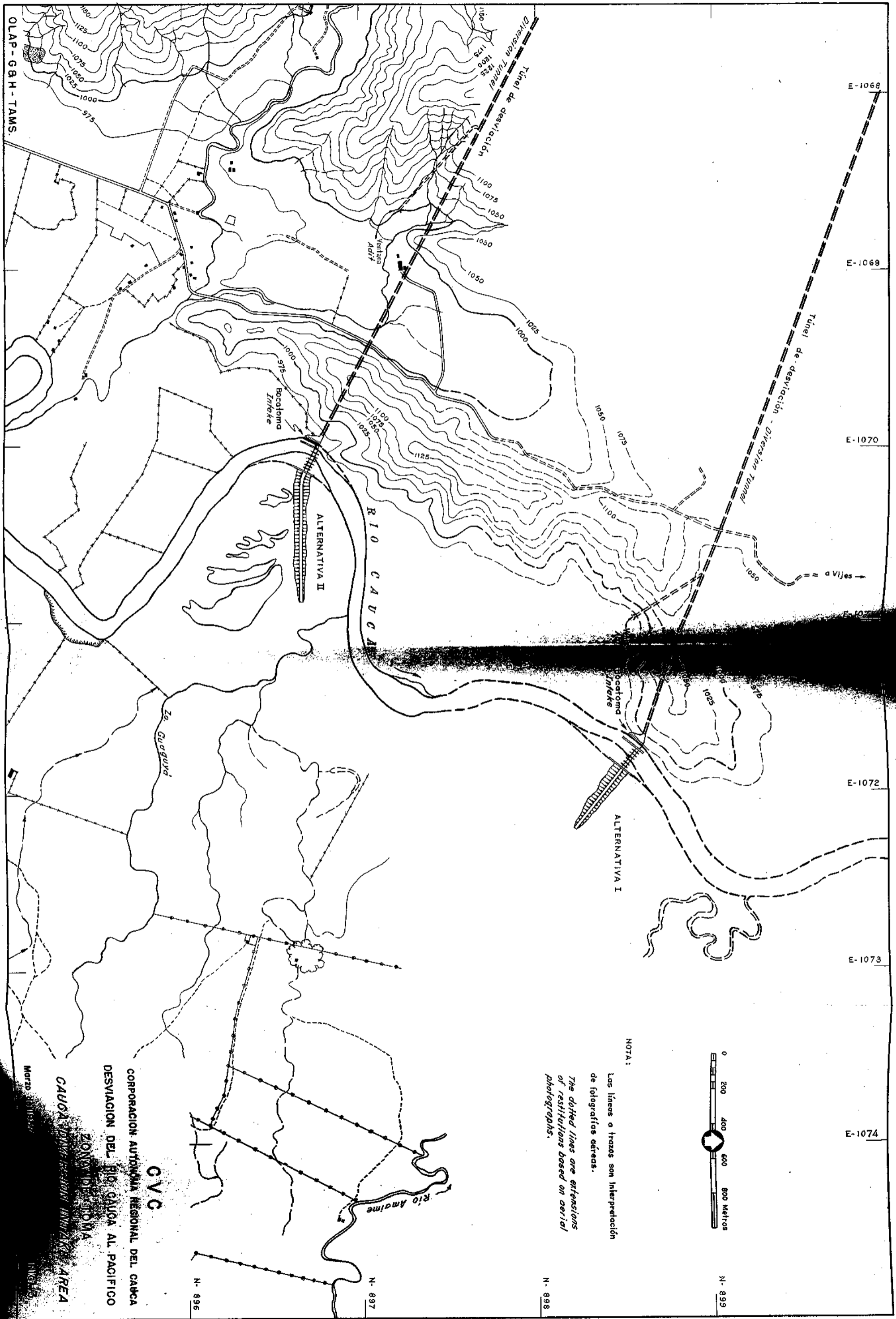
- 1- Restituciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- 2- Fotocalcos de fotografías aéreas
- 3- Planos del Ferrocarril del Pacifico
- 4- Levantamientos de conexión de la C.V.C.

NOTES: This map is based on:

- 1- I.G.M. restitutions.
- 2- Unadjusted aerophotographic maps.
- 3- Pacific Railroad surveys.
- 4- C.V.C. surveys.







OLAP-G&H-TAMS.

E-1068

E-1069

E-1070

E-1071

E-1072

E-1073

E-1074



N-899

NOTA:

Las líneas o trazas son interpretación de fotografías aéreas.
The dotted lines are extensions of restitutions based on aerial photographs.

N-898

Rio Amalme

N-897

RIO CAUCA

ALTERNATIVA II

ALTERNATIVA I

Boceloma Imoke

Ventana AdX

CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DESVIACION DEL RIO CAUCA AL PACIFICO

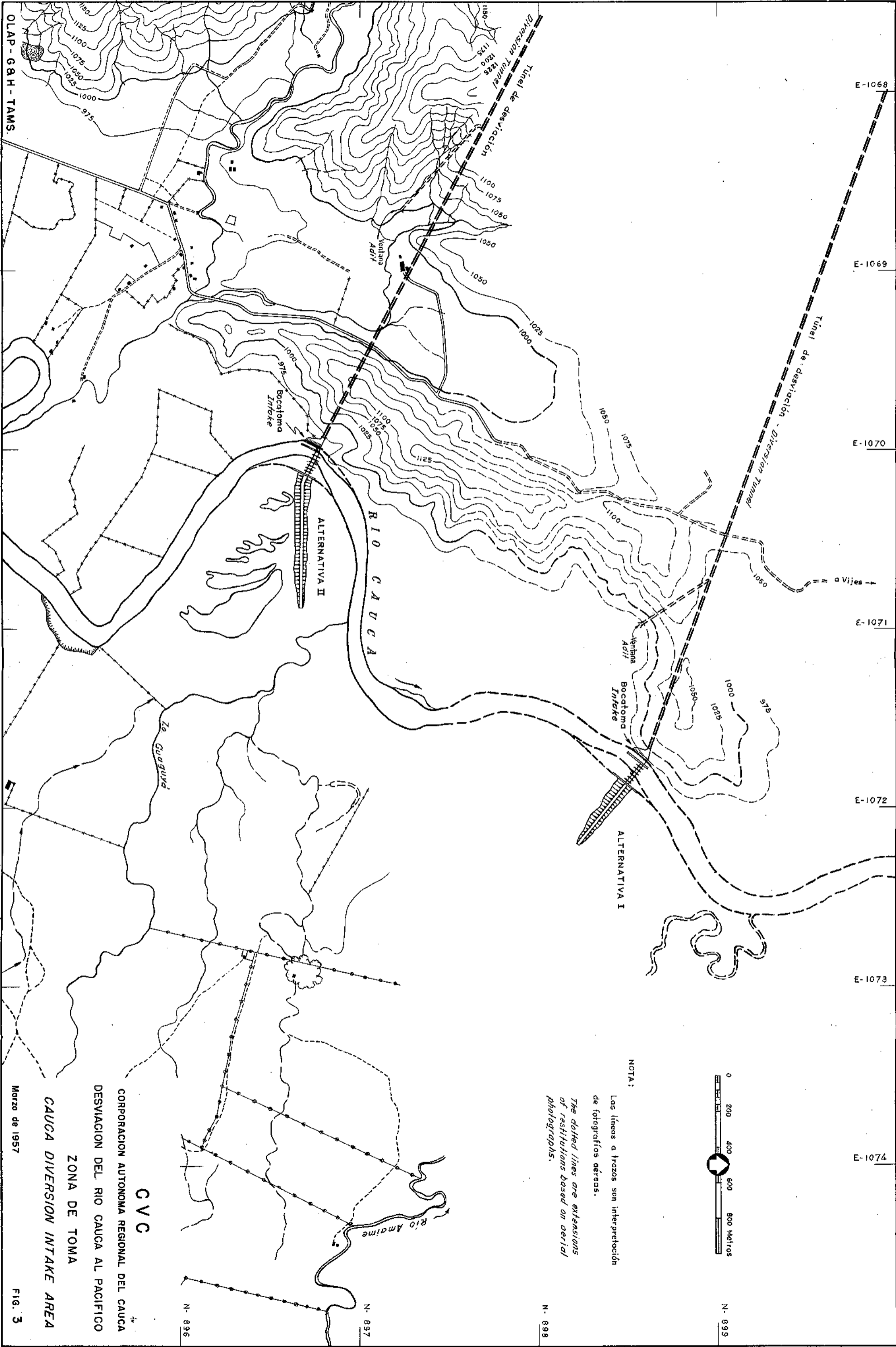
CAUCA DIVERSION INHABITABLE AREA

Za Guaguyá

Marzo 1957

FIG. 45

N-895



OLAP-68H-TAMS.

E-1068
E-1069
E-1070
E-1071
E-1072
E-1073
E-1074

NOTA:

Las líneas a trazos son interpretación de fotografías aéreas.
The dotted lines are extensions of restitutions based on aerial photographs.



CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DESVIACION DEL RIO CAUCA AL PACIFICO

ZONA DE TOMA
CAUCA DIVERSION INTAKE AREA

Marzo de 1957

FIG. 3

N- 896

N- 897

N- 898

N- 899

ELEVACION EN METROS (SISTEMA C.V.C.)

1800

1600

1400

1200

1000

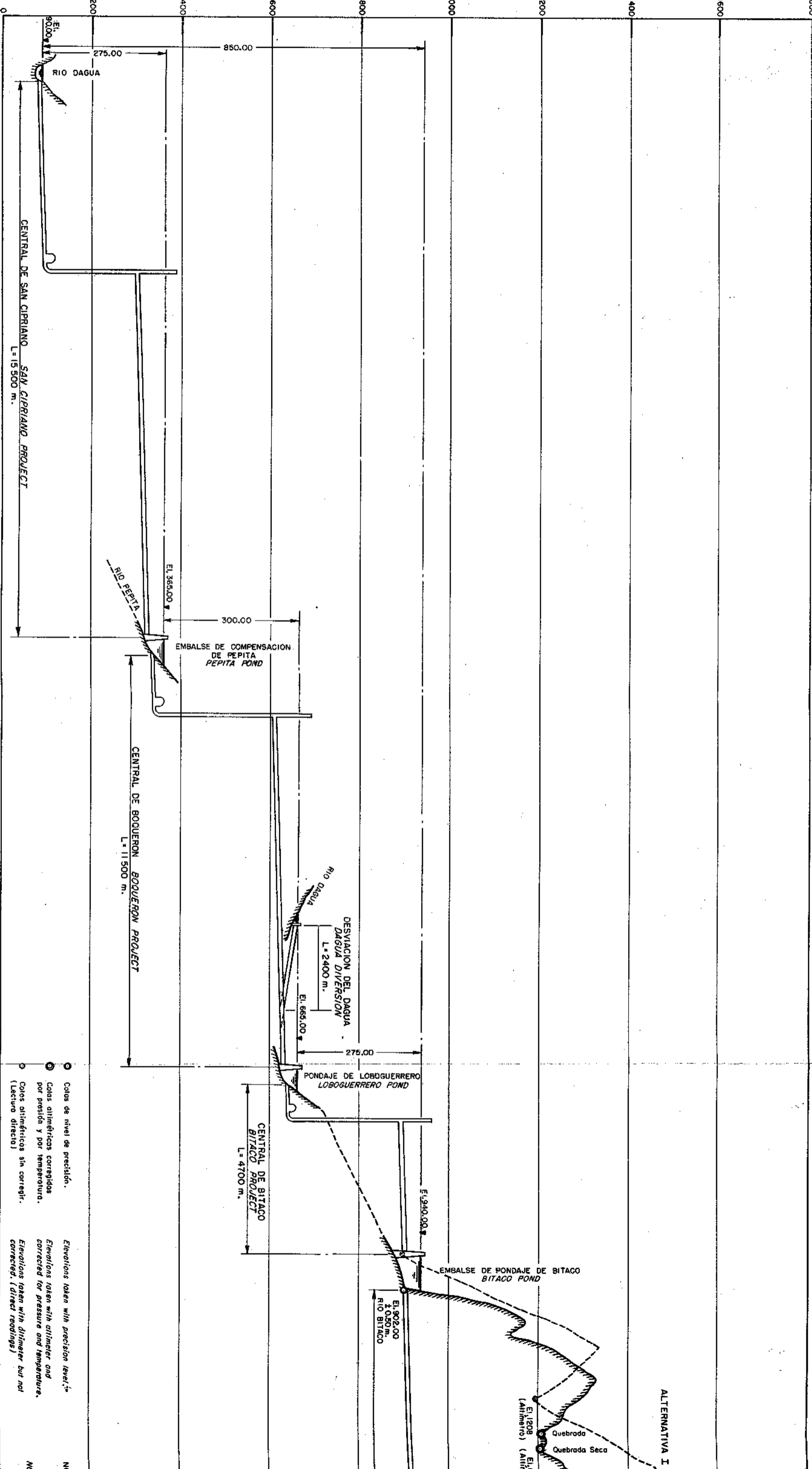
800

600

400

200

0



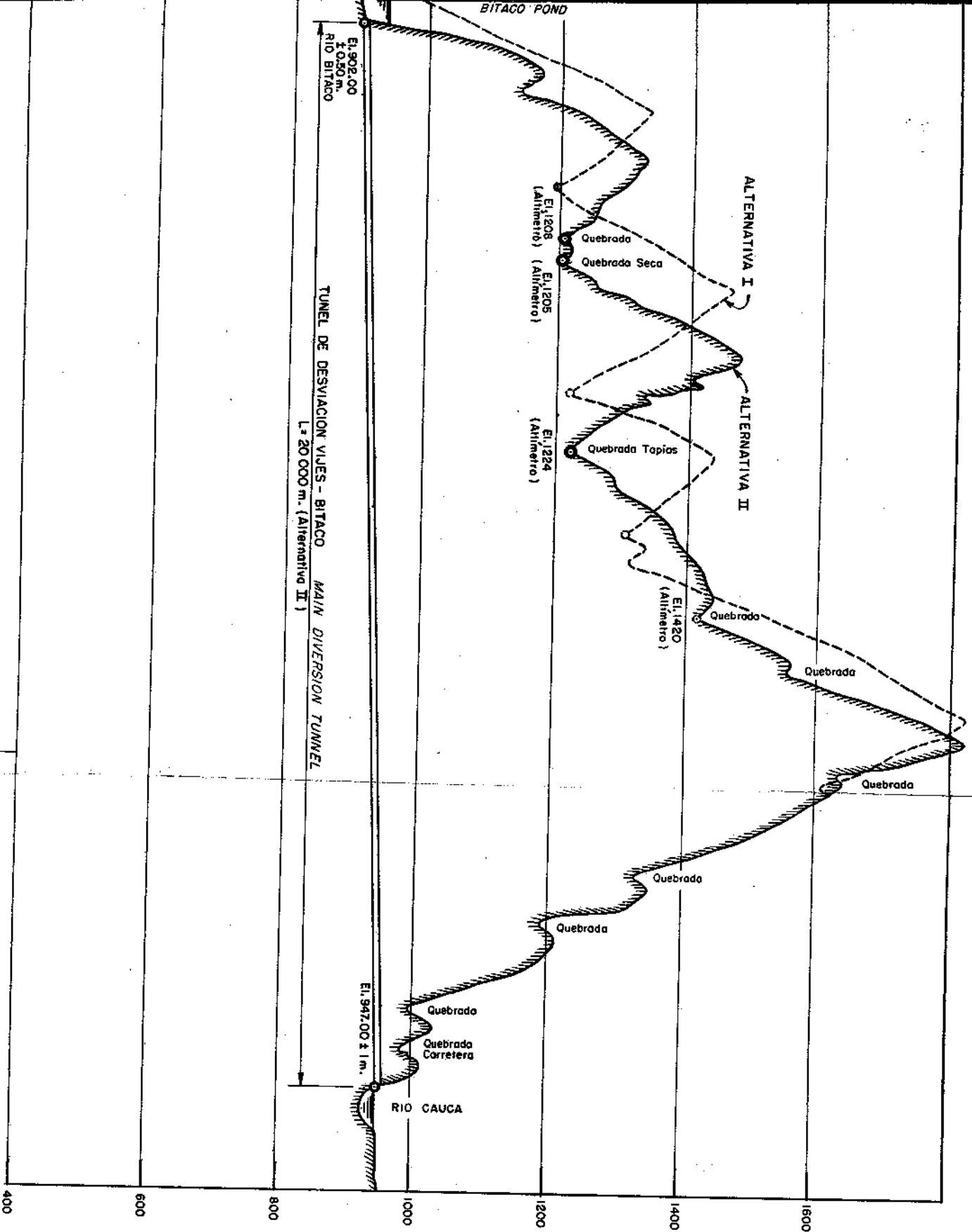
ALTERNATIVA I

● Cotas de nivel de precisión.
 ● Cotas altimétricas corregidas por presión y por temperatura.
 ● Cotas altimétricas sin corregir. (Lectura directa)

Elevations taken with precision level.
 Elevations taken with altimeter and corrected for pressure and temperature.
 Elevations taken with altimeter but not corrected. (direct readings)

NOTE

OLAP - G8H - TAMS



taken with precision level.
 taken with altimeter and
 for pressure and temperature.
 taken with distimeter but not
 (direct readings)

NOTA: Los altímetros fueron ajustados en
 el B.M. de cota conocida (1165)
 del puente de Riogrande.

NOTE: The altimeters were adjusted at
 the B.M. of known elevation (1165)
 of the Riogrande bridge.

CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

DESVIACION DEL RIO CAUCA AL PACIFICO

PERFIL GENERAL DE LOS PROYECTOS
 GENERAL PROFILE OF SCHEMES

Febrero de 1968

FIG. 4

E 1046

E 1047

E 1048

E 1049

E 1050

E 1051

E 1052

E 1053

E 1054

R. DAGUA

Embalse de compensación de Loboquero Pond

Covero de Mochinos Power Cover
Almenara - Surge Chamber
Túnel de carga Pressure Shaft

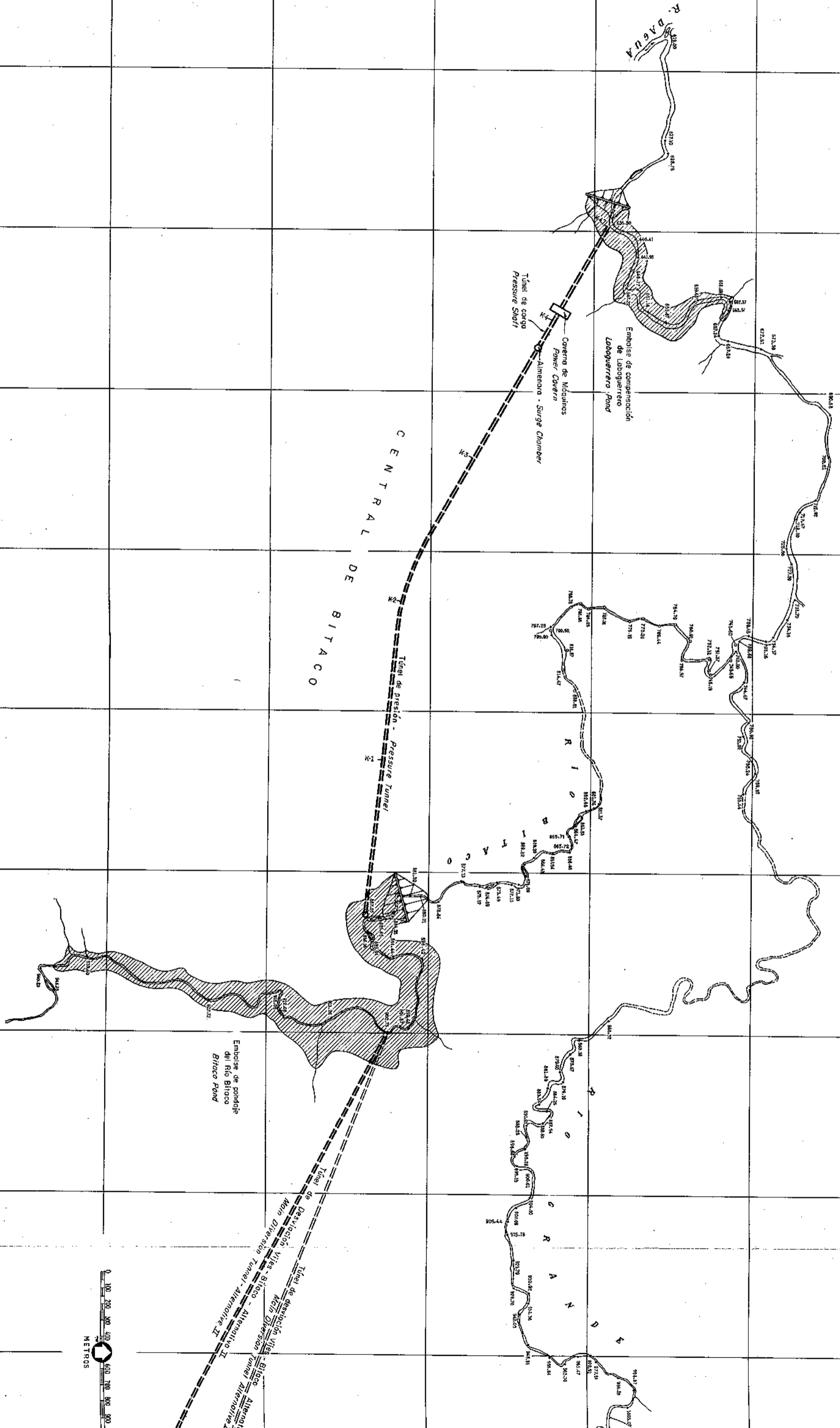
CENTRAL DE BITACO

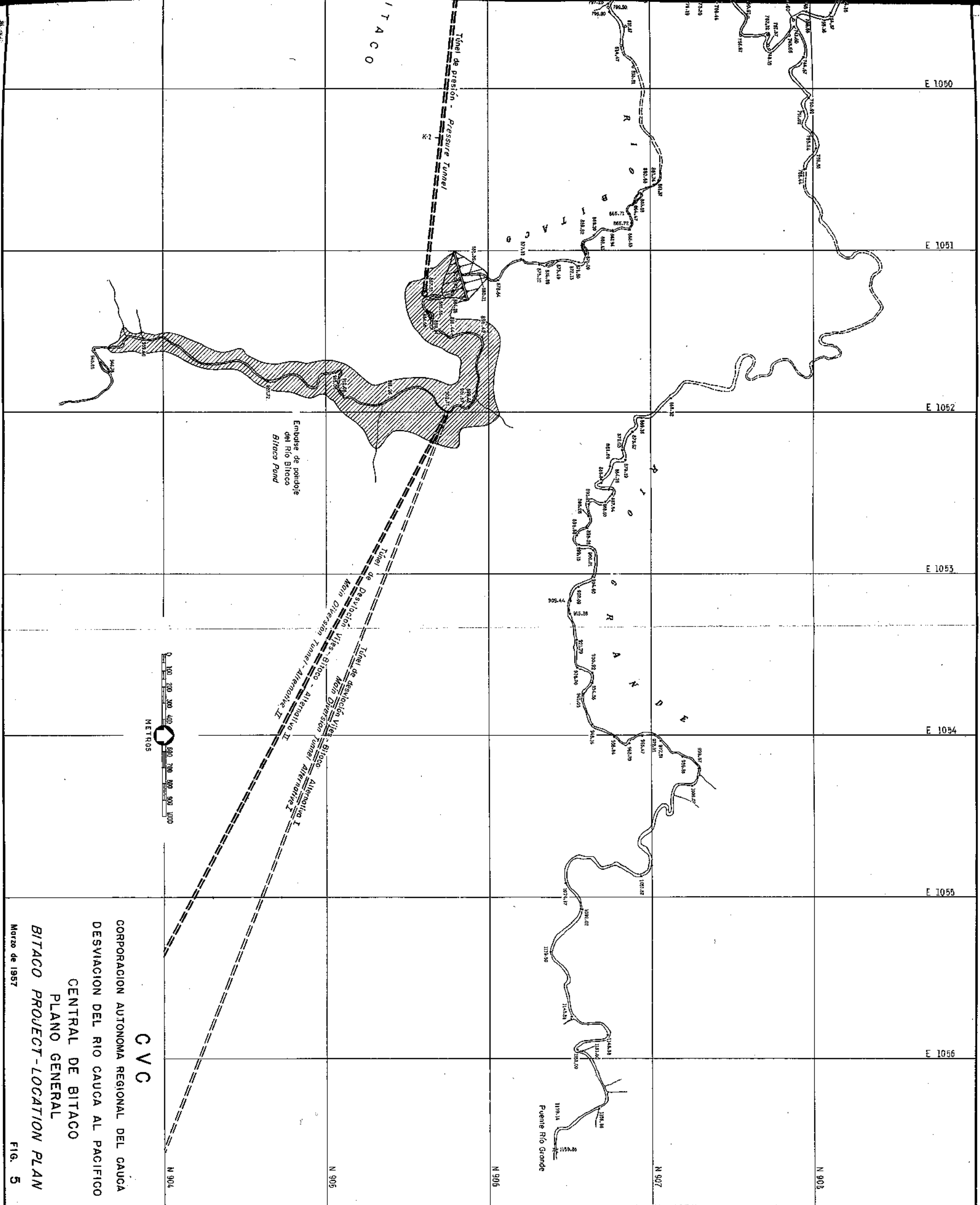
Túnel de presión - Pressure Tunnel

R I O

Embalse de pondaje del Rio Bitaco Bitaco Pond

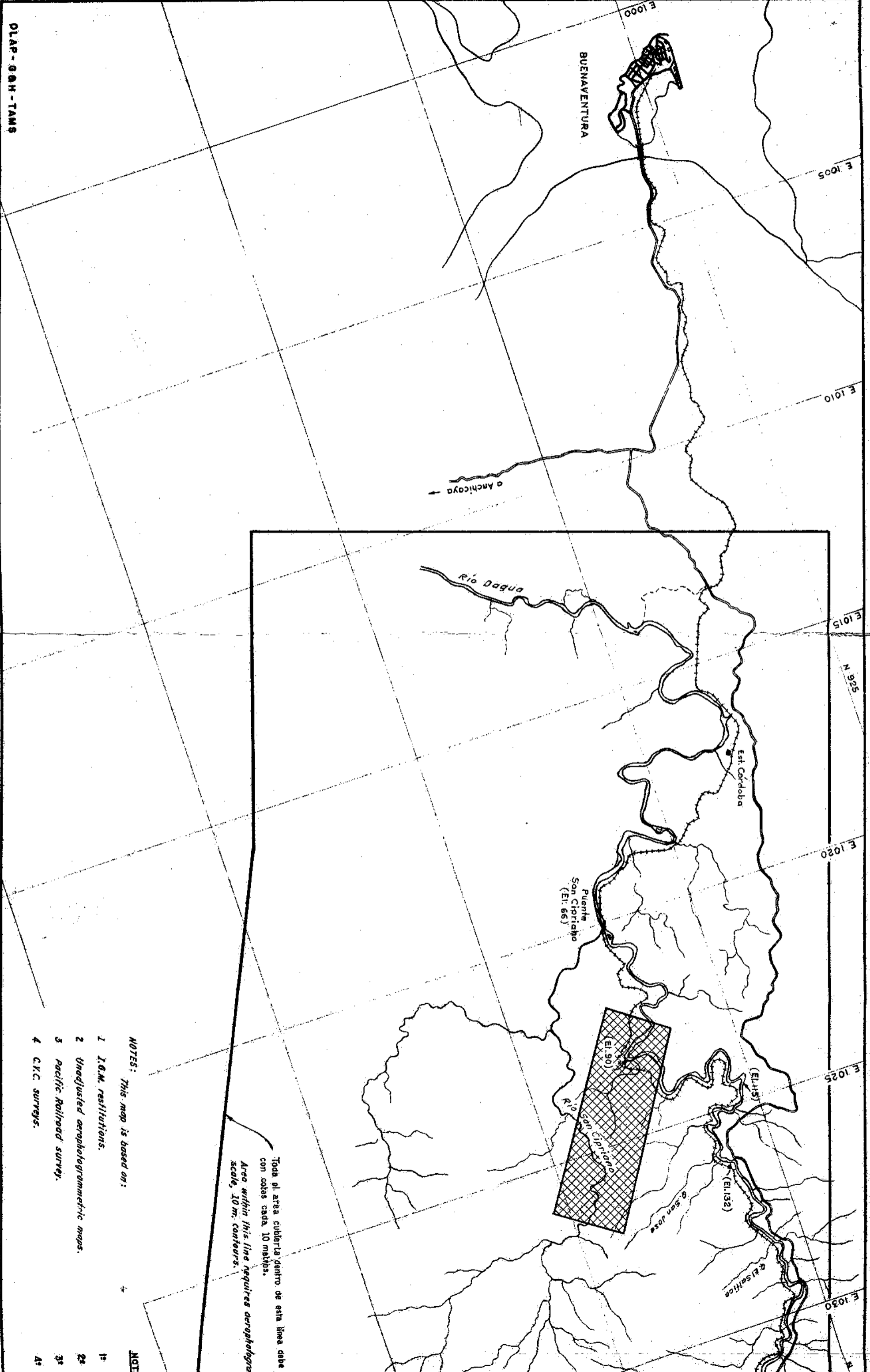
Túnel de desviación Vías - Bitaco - Alternativa I
Main Diversion Tunnel - Alternative I
Túnel de desviación Vías - Bitaco - Alternativa II
Main Diversion Tunnel - Alternative II





CVC
 CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
 DESVIACION DEL RIO CAUCA AL PACIFICO
 CENTRAL DE BITACO
 BITACO PROJECT-LOCATION PLAN
 Marzo de 1957

FIG. 5



OLAP-68H-TAMS

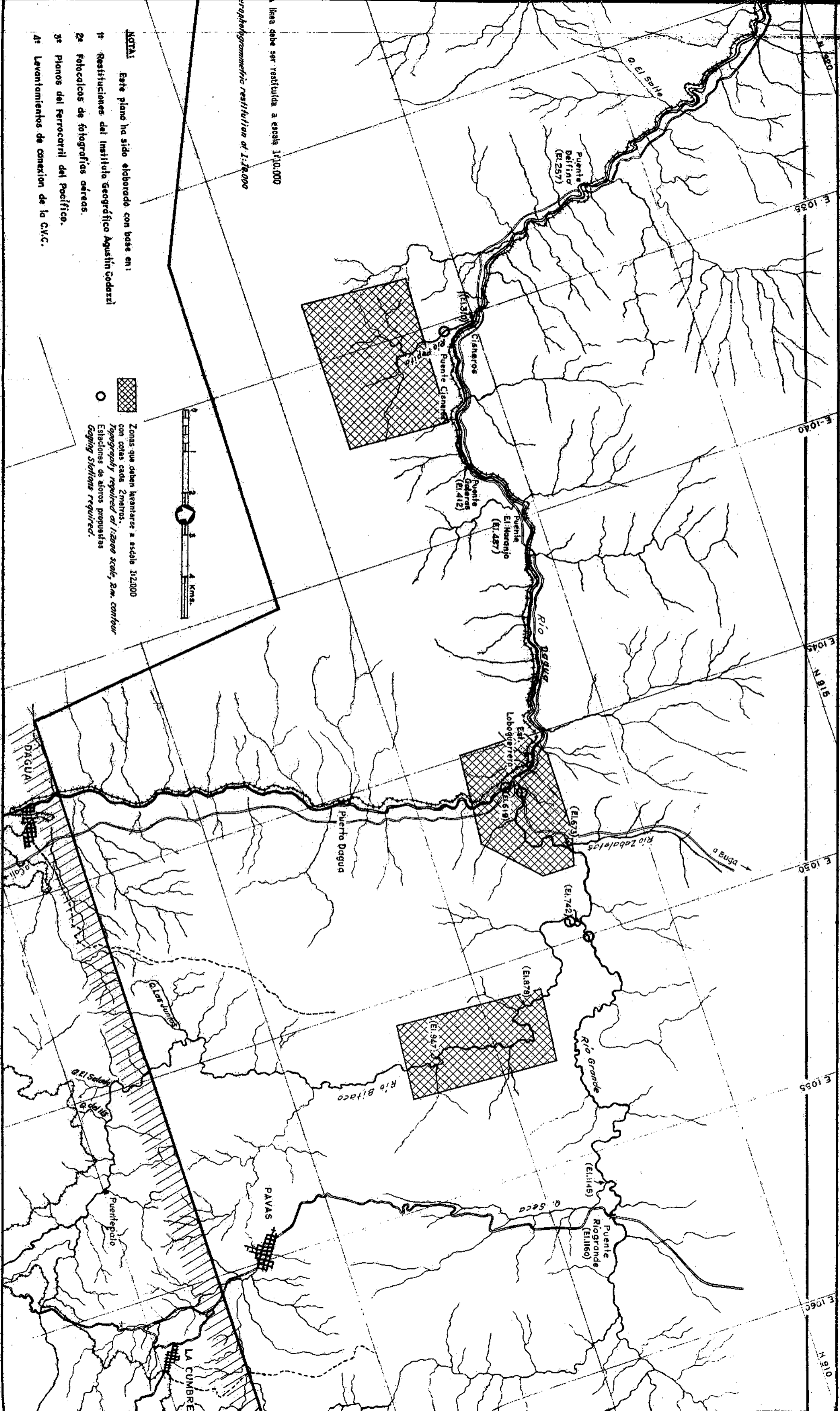
NOTES: This map is based on:

- 1 I.G.M. resifications.
- 2 Unadjusted aerophotogrammetric maps.
- 3 Pacific Railroad survey.
- 4 C.K.C. surveys.

NOTA

Toda el area cubierta dentro de esta linea debe ser con cotas cada 10 metros.
 Area within this line requires aerophotogrammetric scale, 10 m. contours.



- 15
- 25
- 35
- 45



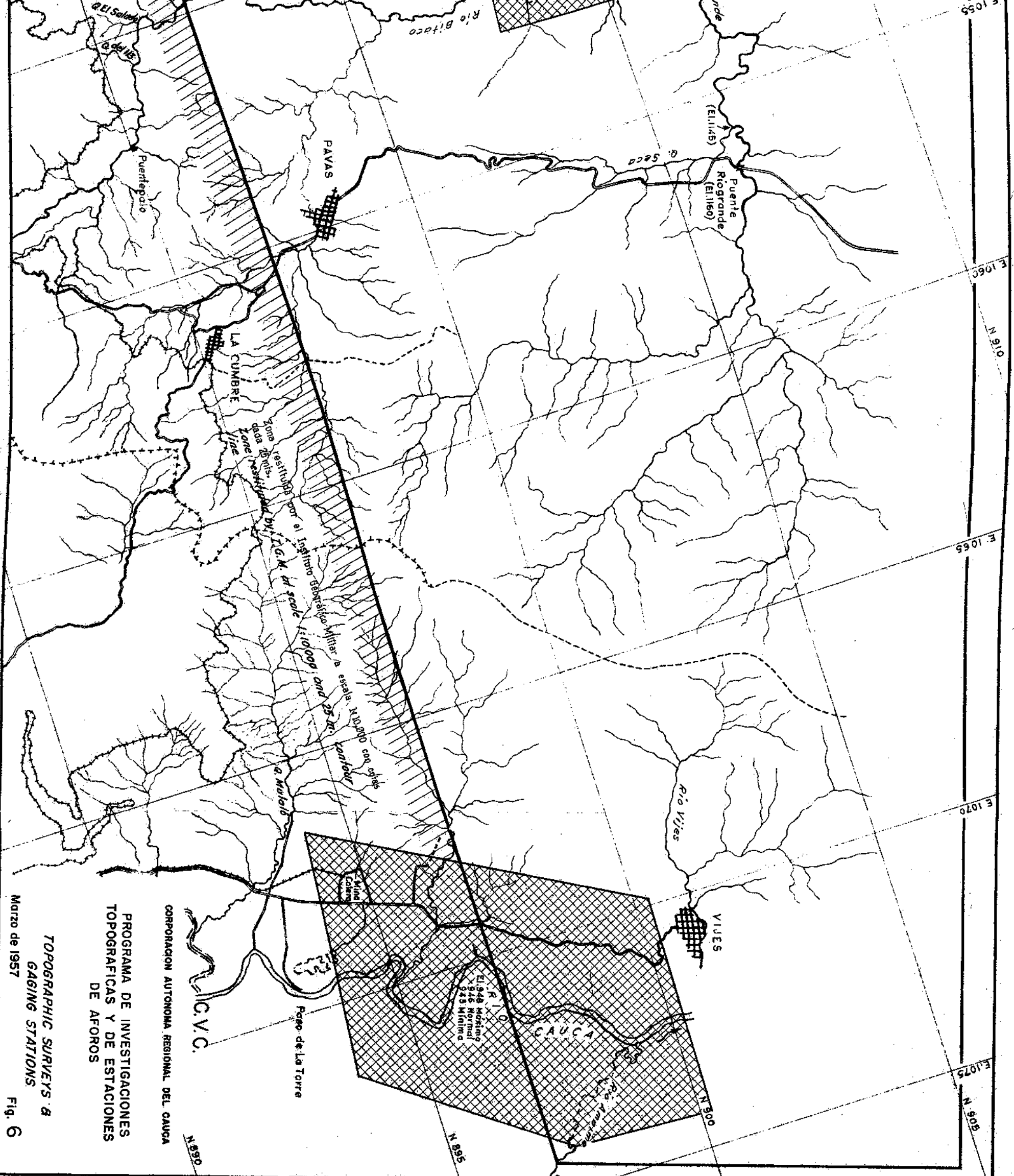
La línea debe ser restituida a escala 1:10,000
 por fotogramétrica restitución a 1:20,000

NOTA: Este plano ha sido elaborado con base en:

- 1º Restituciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- 2º Fotocalcos de fotografías aéreas.
- 3º Planos del Ferrocarril del Pacífico.
- 4º Levantamientos de conexión de la C.V.C.

 Zonas que deben levantarse a escala 1:2,000 con cotas cada 2 metros.
 Topography required at 1:2000 scale, 2m contour Gaging Stations required.





PROGRAMA DE INVESTIGACIONES
 TOPOGRAFICAS Y DE ESTACIONES
 DE AFOROS

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

I.C.V.C.

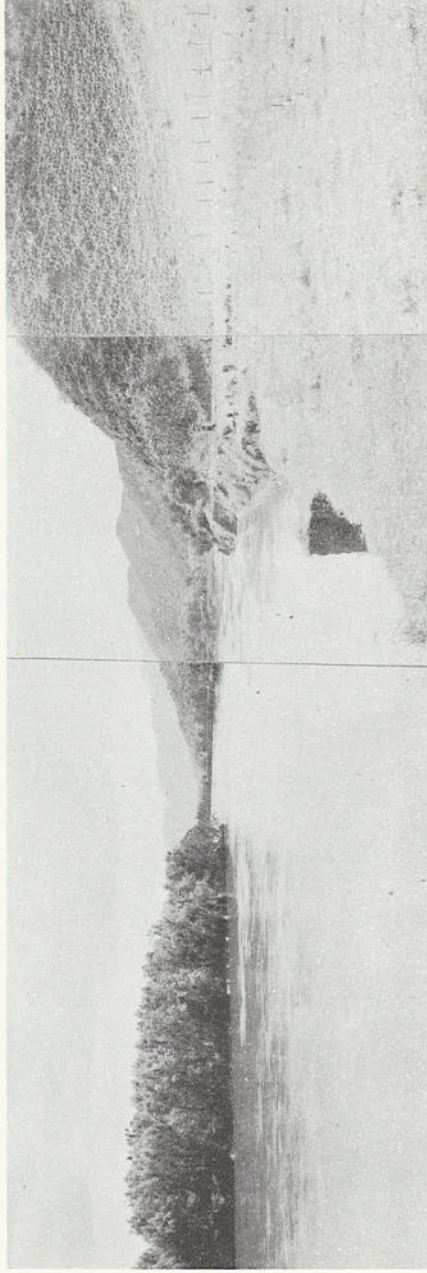
TOPOGRAPHIC SURVEYS &
 GAGING STATIONS
 Marzo de 1957
 Fig. 6



SITIO PARA PRESA DE DESVIACION DEL RIO CAUCA - ALTERNATIVA I
CAUCA RIVER DIVERSION DAM SITE - ALTERNATIVE I

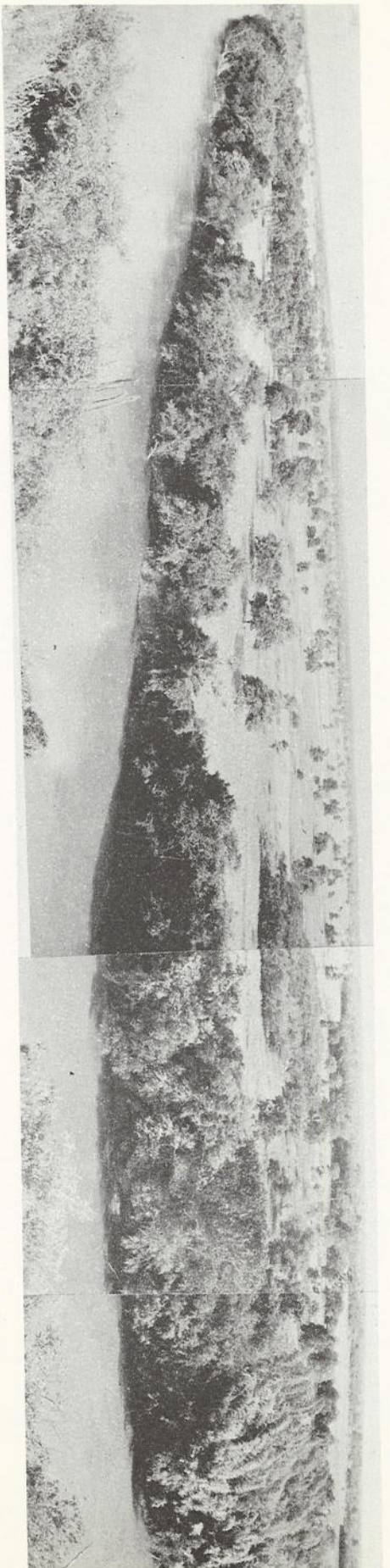


ESTRIBACION EN LA PRIMERA PARTE DEL TUNEL
RIDGE FIRST SECTION OF TUNNEL

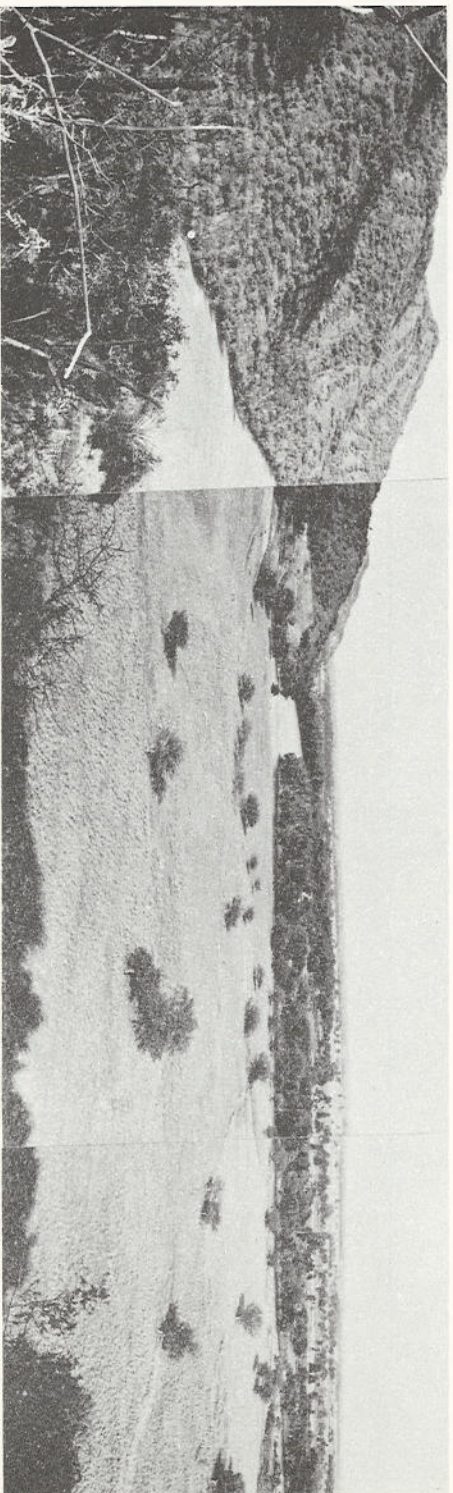


SITIO DE LA PRESA MIRANDO AGUAS ARRIBA
DAM SITE LOOKING UPSTREAM

SITIO PARA DESVIACION DEL RIO CAUCA ALTERNATIVA I
SITE FOR DIVERSION OF RIO CAUCA ALTERNATIVE I

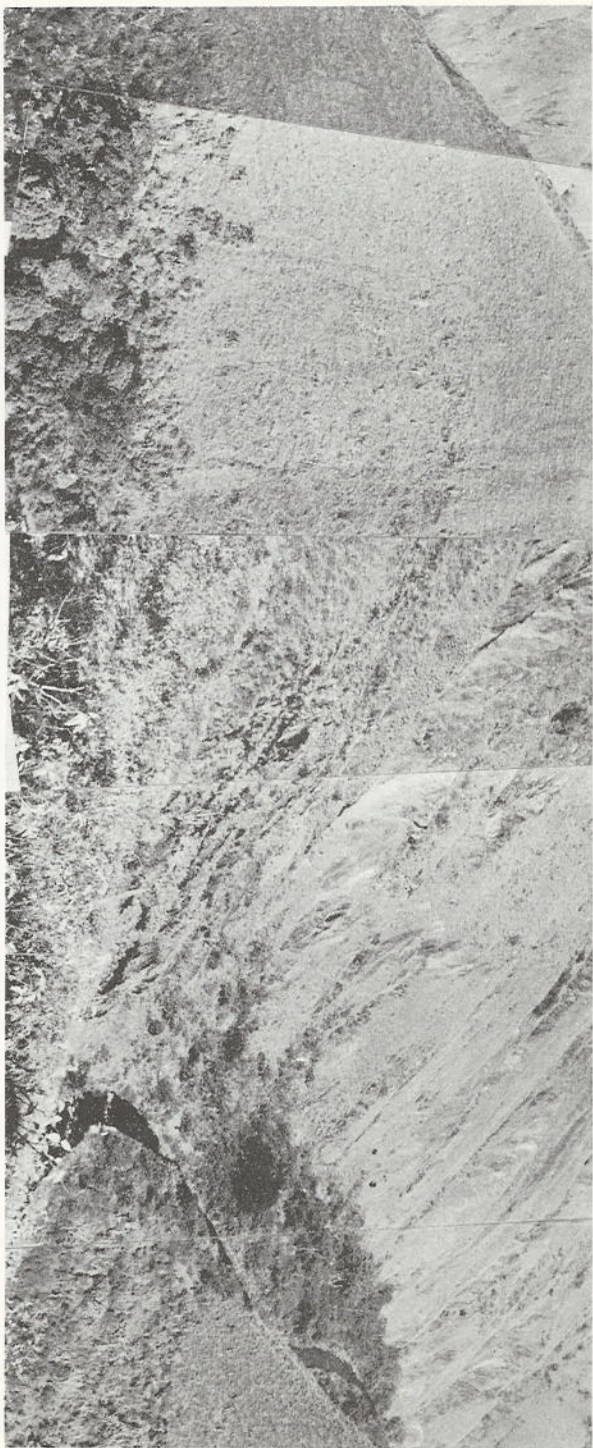


MARGEN DERECHA DEL RIO
RIGHT BANK OF RIVER



VISTA GENERAL DESDE AGUAS ARRIBA
GENERAL VIEW FROM UPSTREAM

SITIO PARA PRESA DE DESVIACION DEL RIO CAUCA - ALTERNATIVA II
CAUCA RIVER DIVERSION DAM SITE - ALTERNATIVE II

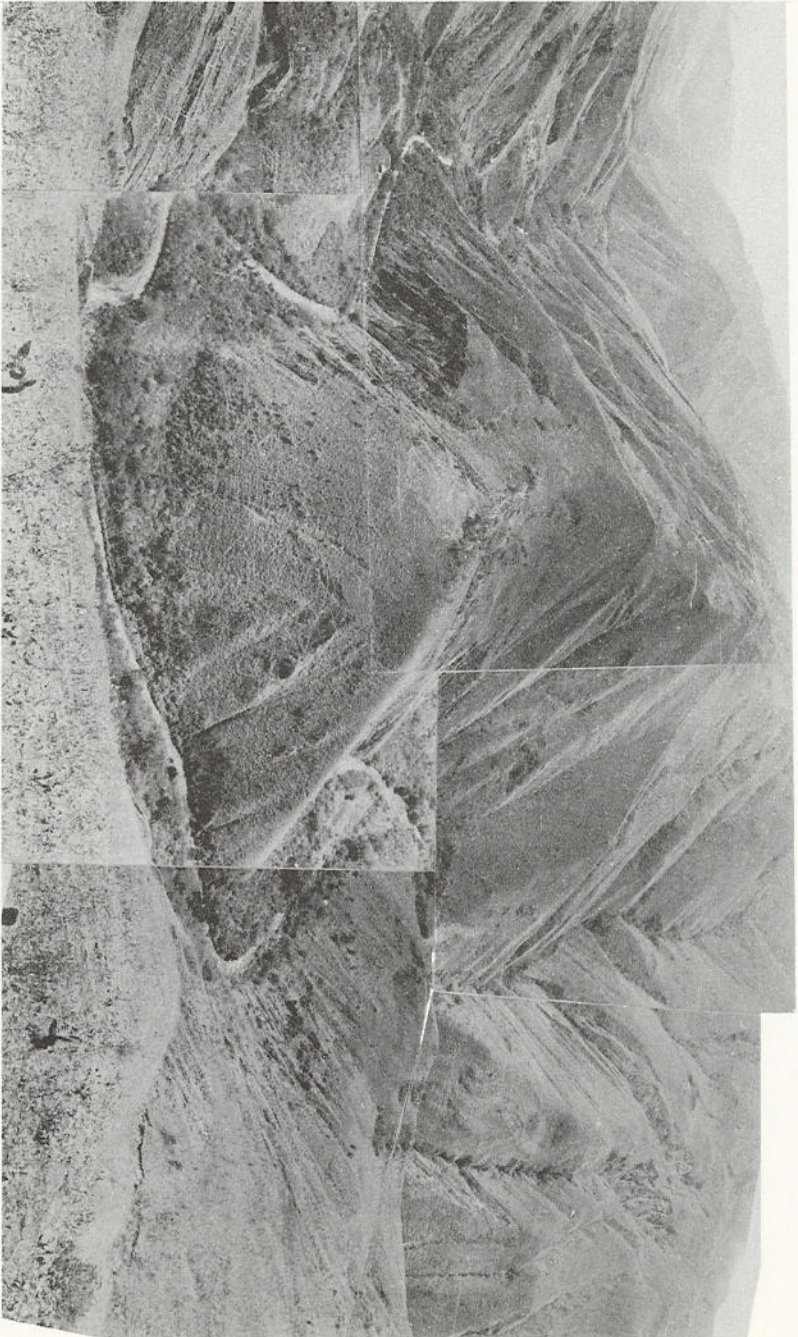


EL RIO BITACO
AGUAS ARRIBA DE LA PRESA
RIO BITACO
UPSTREAM FROM DAMSITE

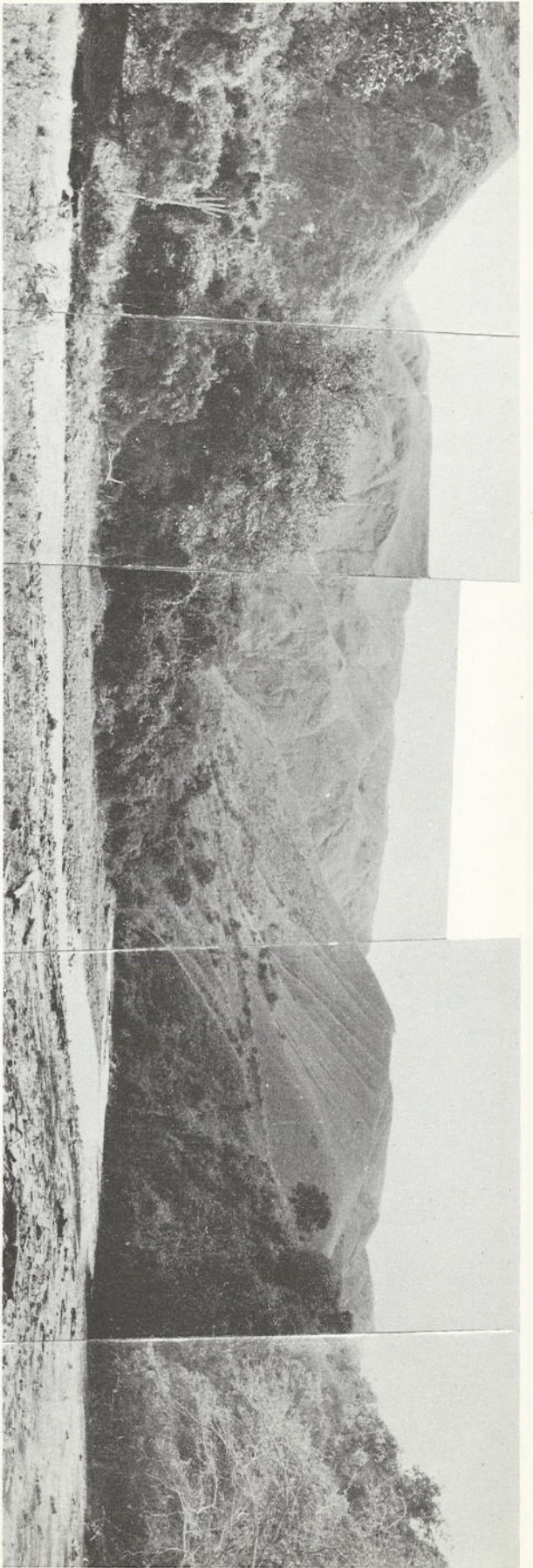


SITIO DE LA PRESA
MIRANDO AGUAS ARRIBA
LOOKING UPSTREAM AT THE DAMSITE

EMBALSE DE REGULACION
DEL RIO BITACO
RIO BITACO PONDAGE RESERVOIR



EMBALSE DE REGULACION DEL RIO BITACO
SITIO DE LA PRESA
RIO BITACO PONDAGE RESERVOIR
DAMSITE



SITIO DE LA PRESA DE COMPENSACION DE LOBOGUERRERO
MIRANDO AGUAS ARRIBA
DAMSITE FOR LOBOGUERRERO POND
LOOKING UPSTREAM