



# Simposio SIRGAS 2014

La Paz, Bolivia. Noviembre 24 - 26, 2014



Universidad Nacional  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia  
Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS

## Primeros Resultados en el Ajuste de la Red Geodésica Vertical de Costa Rica según los Registros del IGN

Sara Bastos, Jorge Moya, José Francisco Valverde, Ana Lucía Garita y  
María José Rivas

Noviembre de 2014

# ANTECEDENTES

- La mayor parte de los trabajos que gestaron la red geodésica vertical de Costa Rica se realizaron entre las décadas de 1940 a 1970.
- Los registros de estas mediciones se tienen en formato análogo y constan de mapas, fichas, croquis y valores de alturas y desniveles.
- Desde el año 2013 con la puesta en marcha del CNPDG y en coordinación con el IGN se ha venido recolectando esta información que ahora se tiene escaneada.
- El objetivo general es sistematizar, estandarizar y ajustar todos estos datos.

# METODOLOGÍA

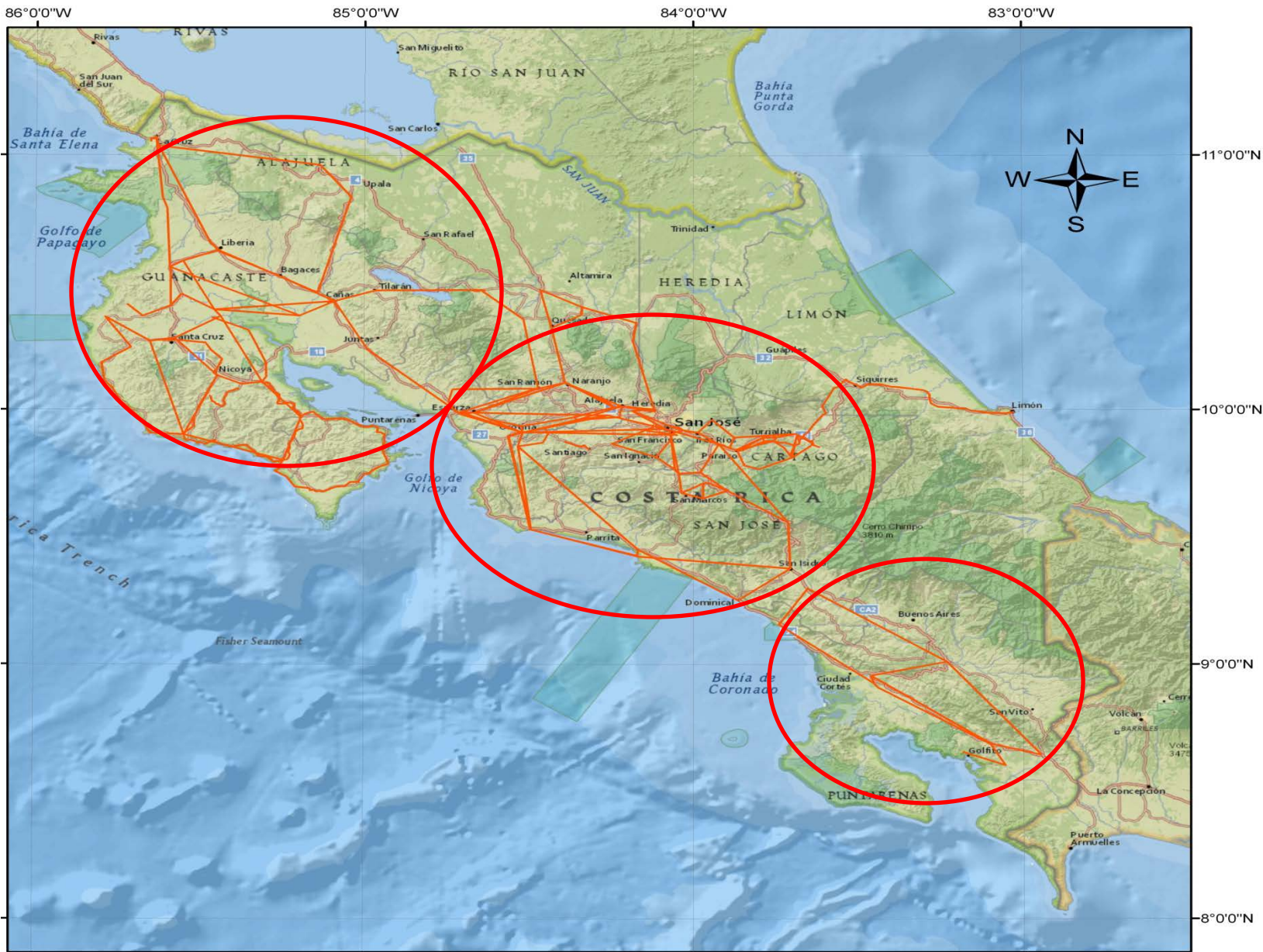
# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS



- La cuál tiene una base de datos integrada con información importante

datos_Gravimetricos										
latitud	longitud	Ficha	Provincia	Fecha	Elevación	Grav_Obs	Grav_Teori	Anom_Aire	Anom_Bougu	Notas
9.91	-84.079201	1	San José "Abra"	03/10/1958	1143.92	977946	978201.54	95.510002	-30.32	Peso Ancho Pórtico Seminario, B.M.58.B.C
9.90017	-84.068298	2	San José "Abra"	06/18/1964	1160.49	977947	978201.21	101.9	-25.76	BM 409, Desamparados, escuela
9.86417	-84.095001	3	San José, Aserrí, "Abra"	06/18/1964	1309.41	977932	978200.14	103.79	-10.25	Aserrí, Pórtico, iglesia, BM 411
9.828	-84.110802	4	San José, Caraigres	05/10/1958	1852.9	977817	978199.05	186.72	-17.1	BM 414A, Alto Tarbaca
9.8	-84.163696	5	San José, Caraigres	05/10/1958	1094.88	977973	978198.2	111.01	-9.43	BM 419, San Ignacio de Acosta Pórtico, iglesia
9.79567	-84.161797	6	San José, Caraigres	05/10/1958	1138.88	977965	978198.08	116.23	-9.05	BM 419B, Pozos San Ignacio de Acosta
9.80733	-84.1698	7	San José, Caraigres	05/10/1958	939.64001	978003	978198.42	92.959999	-10.4	BM 985, río Jorco, puente
9.835	-84.211197	8	San José "Abra"	05/10/1958	1125.11	977967	978199.26	112.92	-10.84	BM 991, Alto Palmichal
9.84867	-84.236801	9	San José "Abra"	05/10/1958	816.66998	978029	0	79.669998	-10.16	BM 996, Tabarcia, escuela
9.84833	-84.317299	10	San José "Puriscal"	05/10/1958	1101.65	977961	978199.66	99.230003	-21.959999	BM 442, Puriscal, esquina NE plaza
9.87067	-84.733299	11	San José "Abra"	05/10/1958	1193.9301	977957	978200.42	123.08	-8.25	BM 431, Alto Quitirrisí
9.91667	-84.235001	12	San José "Abra"	05/10/1958	799.45599	978036	978201.74	79.730003	-8.21	BM 405, Villa Colón, jardín escuela
9.934	-84.182198	13	San José "Sta Ana"	05/10/1958	904.638	978007	978202.26	82.169998	-17.34	BM 401, Sta Ana, iglesia
9.93617	-84.159698	14	San José "Sta Ana"	05/10/1958	1028.23	977976	978202.34	89.120003	-23.98	BM 400, Alto de las Palomas, carretera
9.92083	-84.141998	15	San José	05/10/1958	1099.37	977966	978201.86	101.62	-19.309999	BM 399A, Escazú, esq NE de acera escuela
9.93683	-84.101196	16	San José "Abra"	05/10/1958	1134.8	977944	978202.36	90	-34.830002	Sabana, estación, control UMA Black, pie de torre
10.075	-84.156998	17	Heredia	05/11/1958	1169.4301	977925	978206.6	77.370003	-51.27	Santo Domingo, del Roble, grada superior escuela
10.0017	-84.119202	18	Heredia	05/19/1962	1151.1	977930	978204.3	78.75	-47.869999	BM 1M, parque Heredia, acera Norte
10.0222	-84.125702	19	Heredia	03/12/1962	1176.8199	977922	978204.97	78.470001	-50.98	BM 374, iglesia Barva
10.0743	-84.157303	20	Heredia	05/11/1958	1382.45	977876	978206.59	93.25	-58.82	Santo Domingo, del Roble, grada superior escuela
10.2697	-84.182503	21	Heredia "Poás"	05/11/1958	830.05103	978011	978212.69	53.259998	-38.049999	BM 798A, Cariblanco
10.3163	-84.183998	22	Heredia "Poás"	05/11/1958	539.17401	978080	978214.16	30.959999	-28.35	BM 794A, San Miguel, 1º grada escuela derribada
10.3162	-84.184799	23	Heredia "Poás"	05/11/1958	525.10101	978084	978214.16	30.93	-26.83	BM 573, San Miguel, corredor piso escuela nueva
10.403	-84.135803	24	Heredia "Rio Cuarto"	05/11/1958	187.00301	978179	978216.92	19.35	-1.22	BM 583, La Virgen, concreto esq NE piso escuela
10.4548	-84.011299	25	Heredia "Rio Cuarto"	05/11/1958	38.398102	978221	978218.57	14.61	10.39	BM 594, Puerto Viejo Sarapiquí, frente oficina Stica
9.90883	-83.986504	26	Cartago	05/18/1962	1344.62	977901	978201.5	111.93	-35.98	BM 258, iglesia Tres Ríos
9.895001	-83.944702	27	Cartago "Istarú"	05/18/1962	1546.76	977867	978201.08	140.17	-29.98	BM 83, Alto de Ochomogo
9.86567	-83.914497	28	Cartago "Istarú"	06/25/1964	1426.25	977883	978200.19	120.68	-36.200001	BM 86, iglesia Los Ángeles
9.84	-83.867302	29	Cartago	02/15/1964	1325.3	977904	978199.41	111.39	-34.389999	BM 263, iglesia Paraiso
9.8175	-83.8592	30	Cartago "Tapantí"	05/12/1958	1203.9	977932	978198.73	103.03	-29.4	BM 296, Alto Sanchirí, salida camino
9.79833	-83.856697	31	Cartago "Tapantí"	02/15/1964	1050.9	977968	978198.16	92.360001	-23.24	BM 294, Orosí, esq NE de la plaza
9.76783	-83.803703	32	Cartago "Tapantí"	05/12/1958	1203.0601	977940	978197.24	112.16	-20.18	BM 292, puente Tapantí

# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS

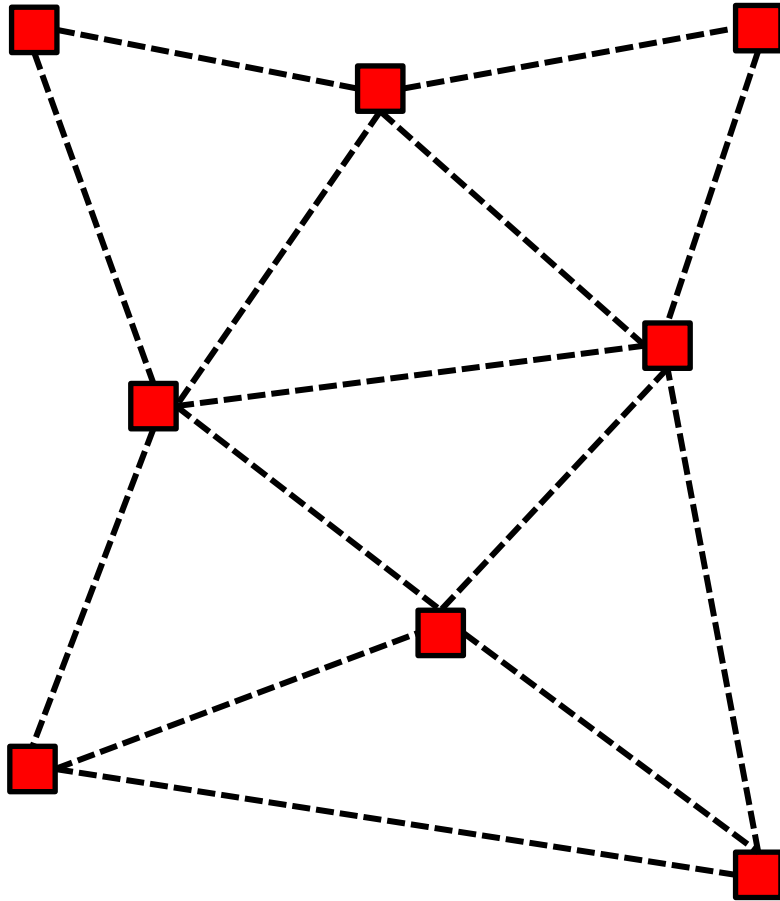


## Resumen de las configuraciones de cada uno de los circuitos

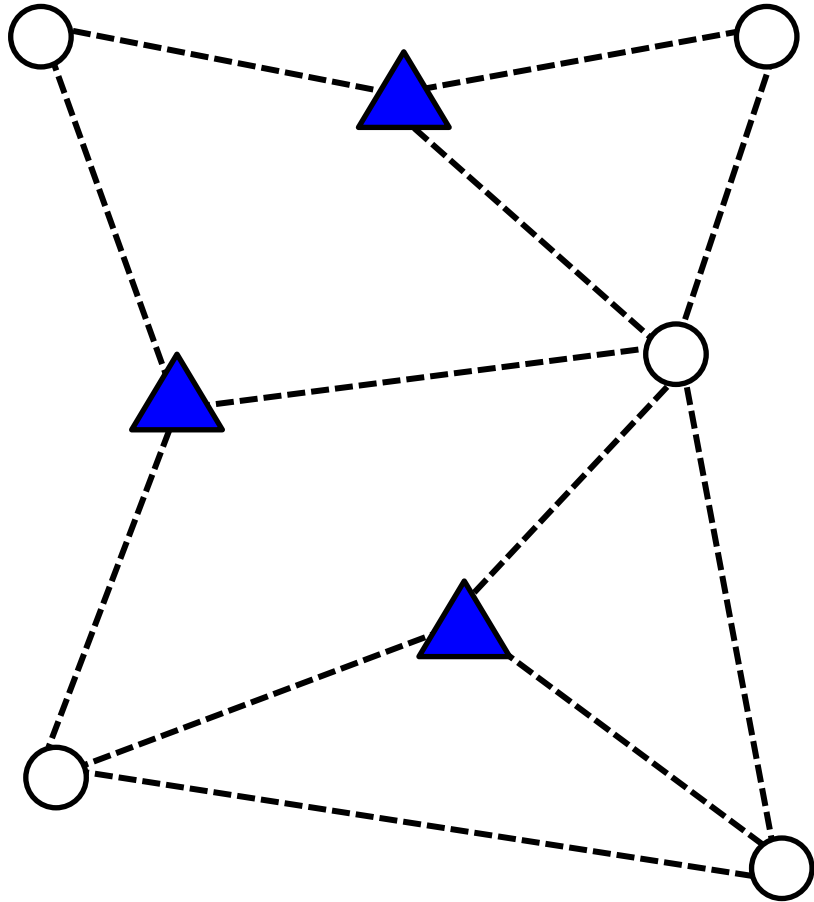
Nombre	Nombre interno proyecto	Año de las mediciones	Cantidad de desniveles	Distancia entre nodos [Km]		
				Mínima	Máxima	Promedio
<b>A</b>	<b>17SUR1</b>	1949-1961	6	0,2	88,1	28,8
<b>B</b>	<b>282ESOR</b>	1957	3	1,7	12,9	9,1
<b>C</b>	<b>31GUA1</b>	1952-1954	13	0,7	59,5	18,3
<b>D</b>	<b>382GUA2</b>	1952-1956	32	0,1	49,7	17,3
<b>E</b>	<b>913NOR1</b>	1956-1963	6	0,6	48,0	29,3
<b>F</b>	<b>942ALA1</b>	1948-1963	4	2,6	53,0	16,2
<b>G</b>	<b>99GUA3</b>	1950-1963	12	0,7	80,1	22,3
<b>H</b>	<b>C101</b>	1959-1963	8	10,5	47,2	28,1
<b>I</b>	<b>C37</b>	1948-1958	32	0,0	43,0	10,1
<b>J</b>	<b>C83</b>	1948-1959	10	4,8	78,0	46,5
<b>K</b>	<b>C88</b>	1949-1957	7	24,6	87,3	54,5



- Cada uno de estos circuitos fueron ajustados en dos etapas haciendo uso del programa ARGE:
  - La primera contempló un ajuste libre para la verificación de las mediciones (desniveles)
  - La segunda, un ajuste amarrado considerando como alturas (cotas) los valores de los registros del IGN y los restantes como puntos nuevos.



Asumiendo que la configuración es adecuada, la estrategia fue usar un sistema local de coordenadas y hacer un ajuste libre en un del circuito estimando un sigma a priori de las observaciones “basado” en los cierres repostados en cada uno de los circuitos. Estos pesos se variaban posteriormente de acuerdo con los resultados del ajuste. **SE VERIFICARON LAS MEDICIONES CON ESTE AJUSTE**

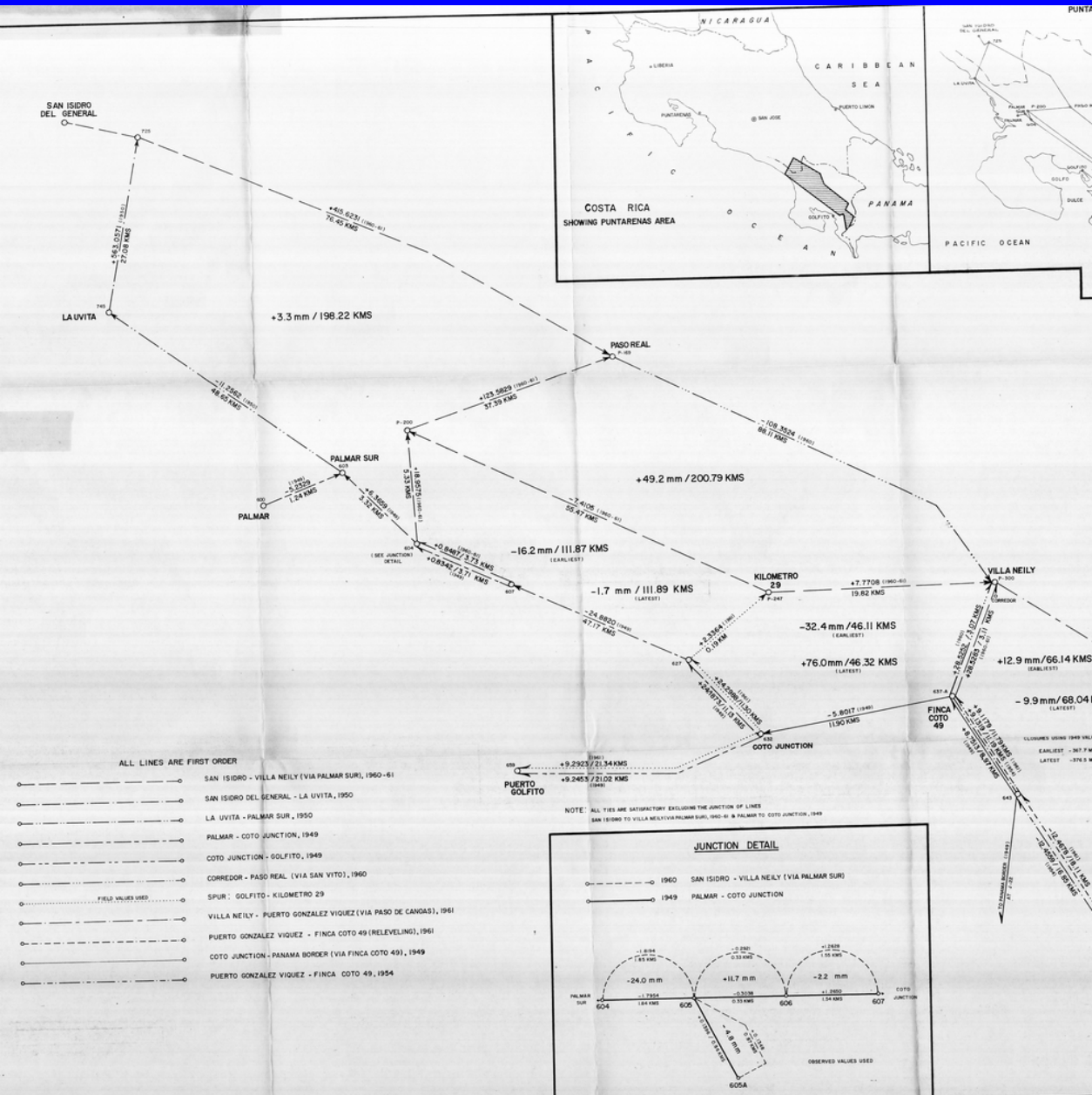


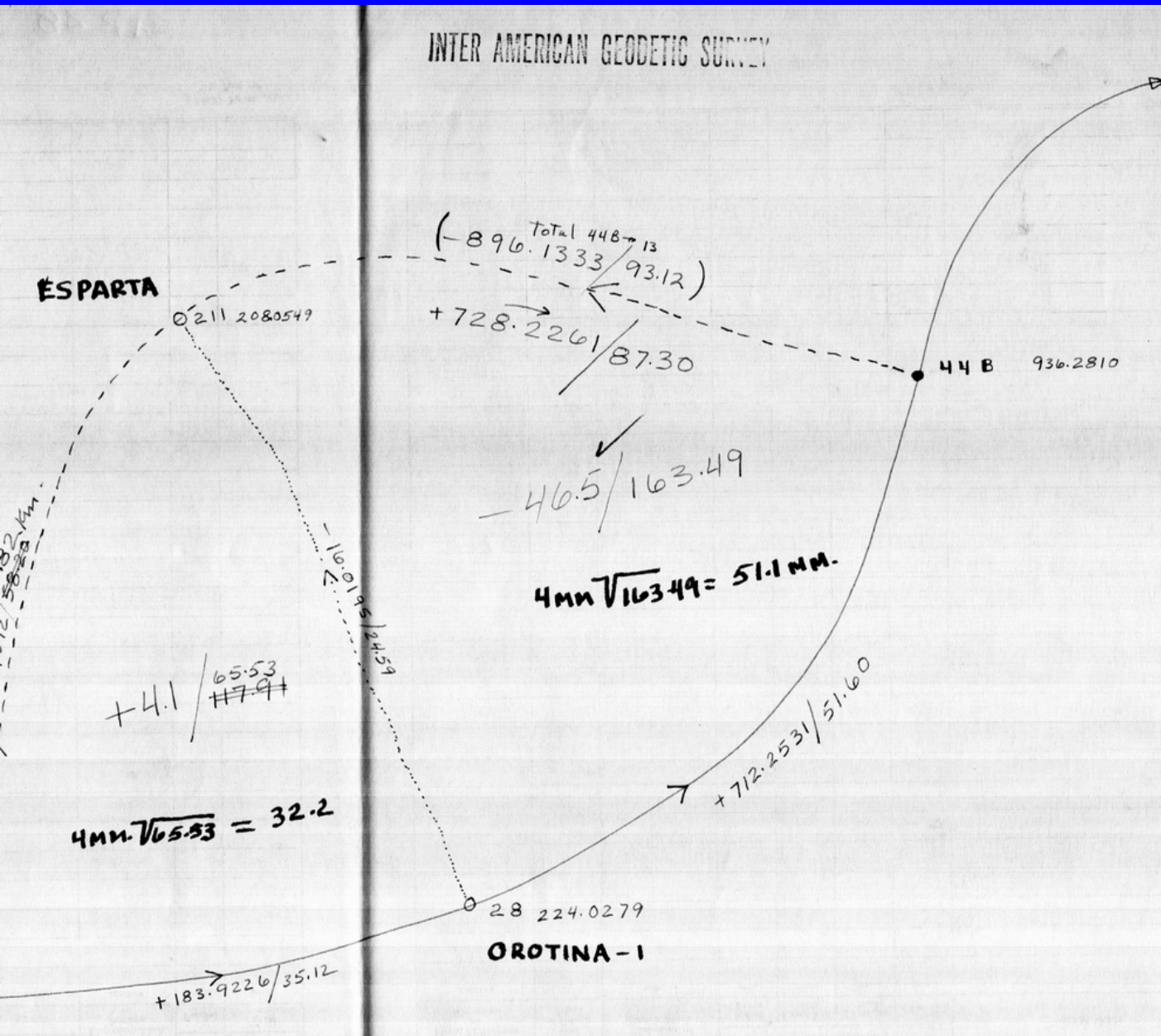
Al contar con los valores de las alturas oficiales del IGN, posteriormente se introducían estas alturas como fijas y los restantes puntos como nuevos.

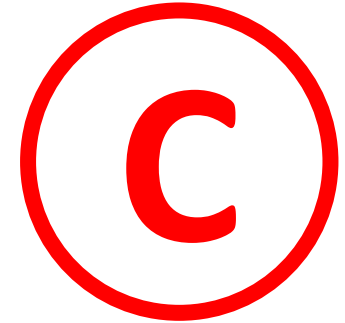
De esta manera, se refieren las alturas “locales” al sistema definido por los puntos fijos según IGN.

**SE VERIFICÓ LOS VALORES DE COTAS OFICIALES DEL IGN.**

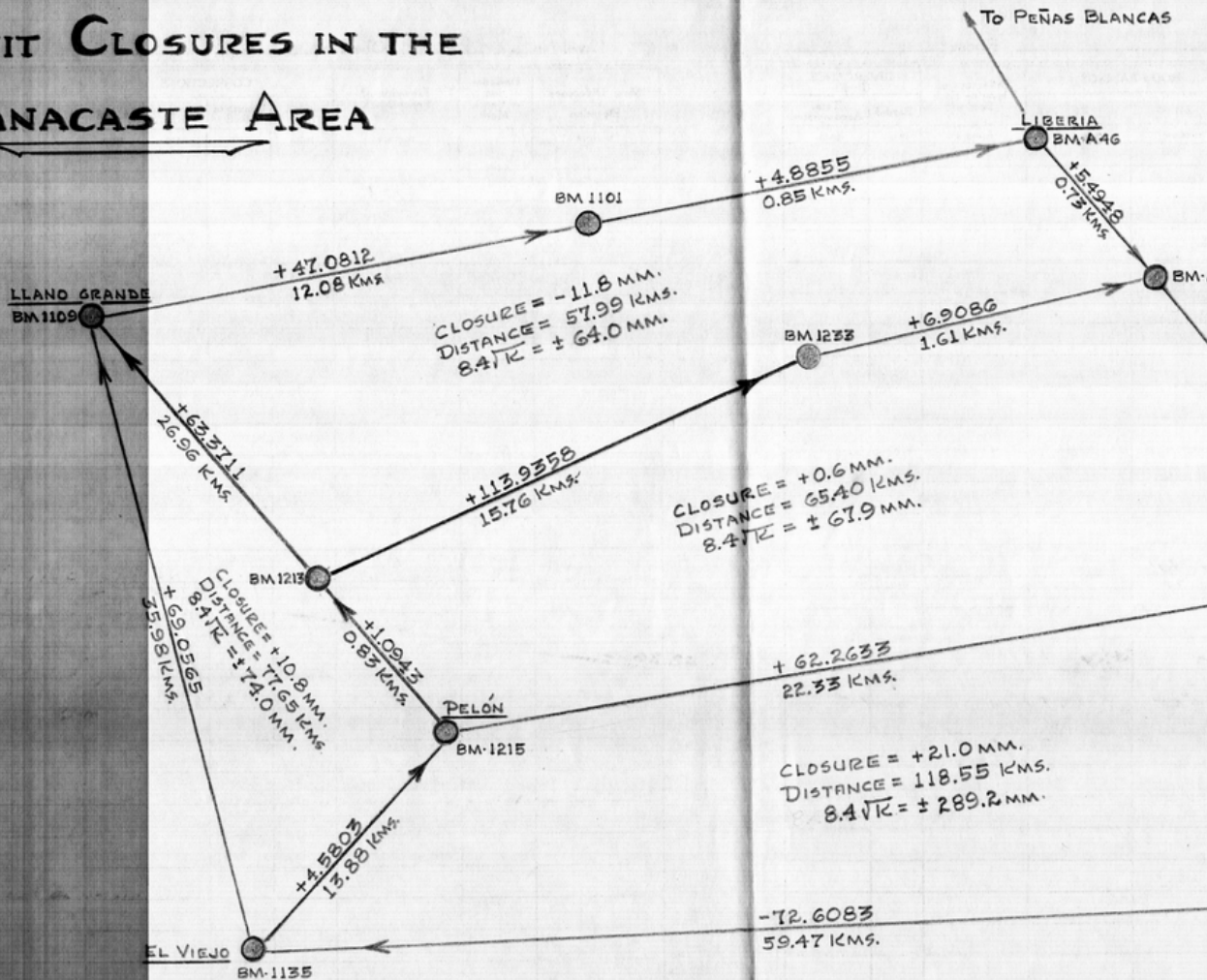
# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS





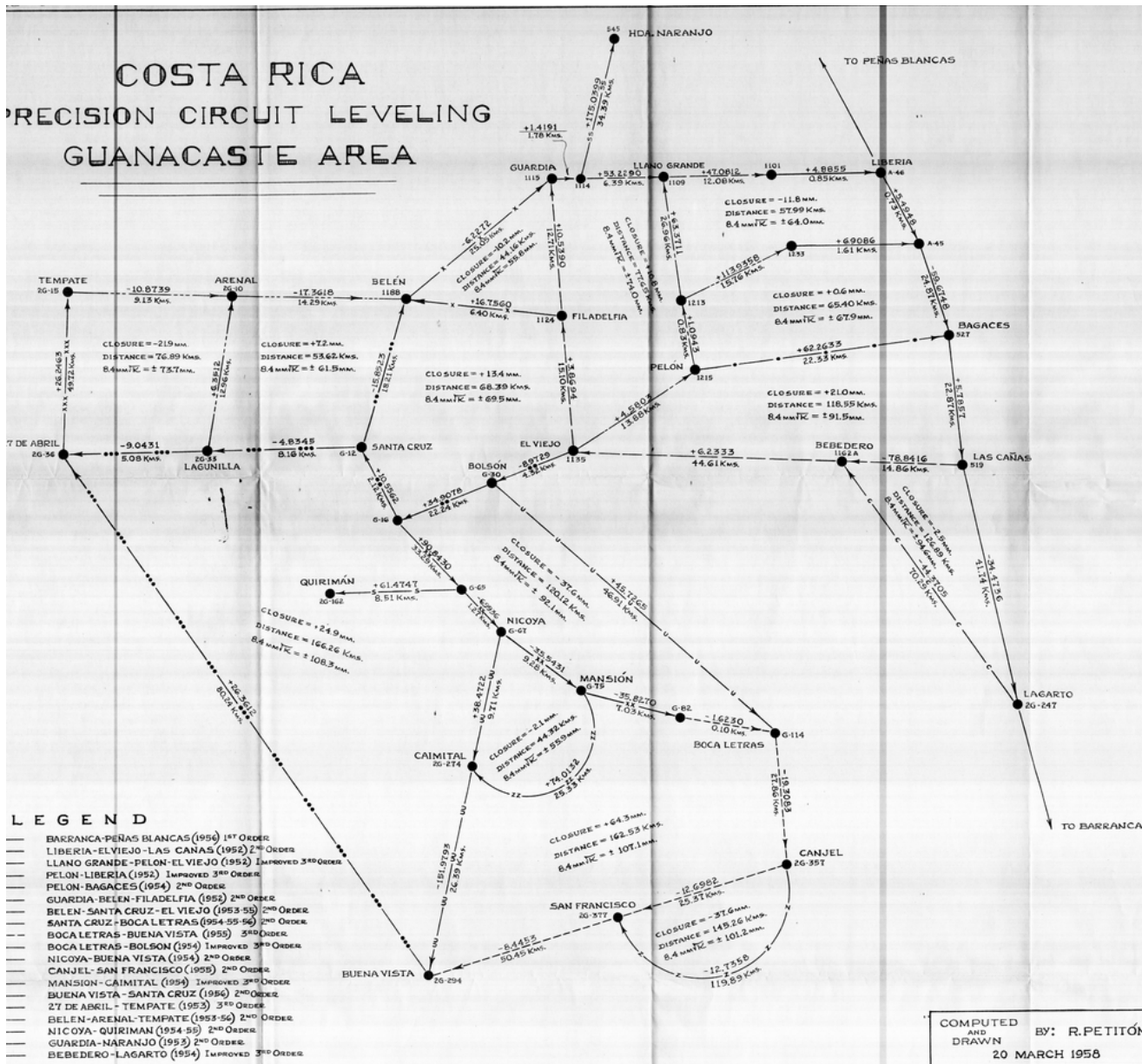
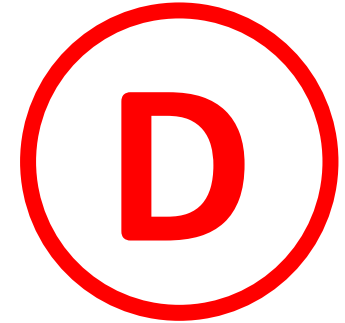


## CIRCUIT CLOSURES IN THE GUANACASTE AREA

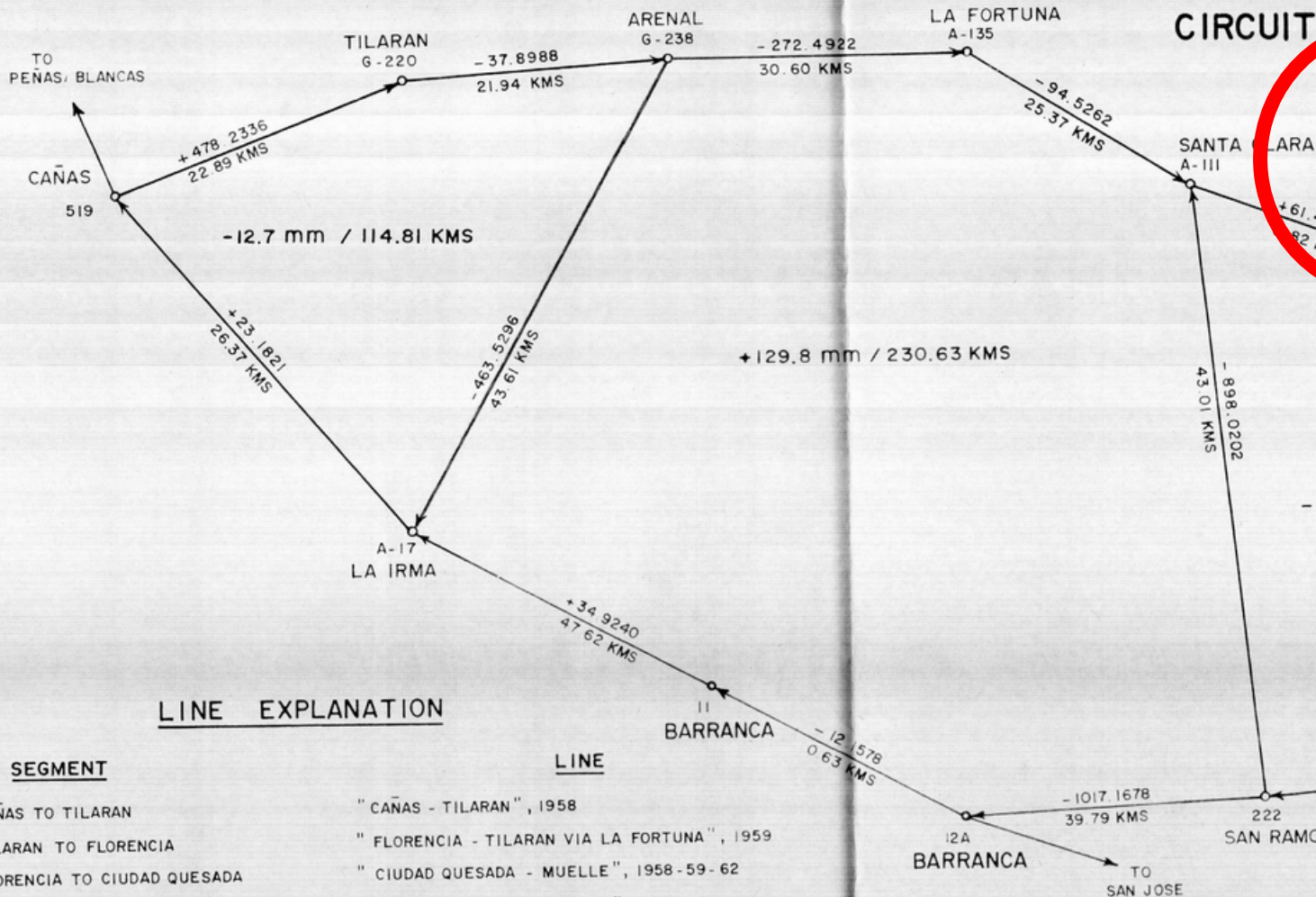


### LEGEND

- = LINE LIBERIA-EL VIEJO-LAS CAÑAS (1952) (WITH REVISED ELEVATIONS) (FIRST ORDER)
- = LINE BARRANCA-PEÑAS BLANCAS (1956) (2ND RUNNING) (FIRST ORDER)
- = LINE PELÓN - BAGACES (1954) (2ND ORDER)
- = LINE LLANO GRANDE-PELÓN-EL VIEJO (1952) (IMPROVED 3RD ORDER)
- = LINE PELÓN - LIBERIA (1952) (3RD ORDER)



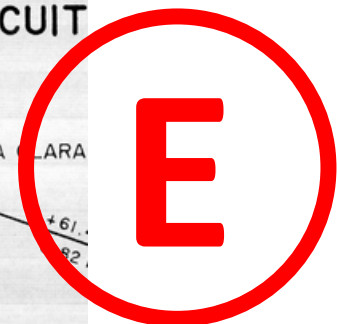
# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS



## LINE EXPLANATION

SEGMENT	LINE
CAÑAS TO TILARAN	"CAÑAS - TILARAN", 1958
TILARAN TO FLORENCIA	"FLORENCIA - TILARAN VIA LA FORTUNA", 1959
FLORENCIA TO CIUDAD QUESADA	"CIUDAD QUESADA - MUELLE", 1958 - 59 - 62
CIUDAD QUESADA TO NARANJO	"NARANJO - CIUDAD QUESADA", 1960 - 62
NARANJO TO BARRANCA	"BARRANCA - CIRUELAS VIA SAN RAMON", 1959 - 60 - 63
BARRANCA TO CAÑAS	"BARRANCA - PEÑAS BLANCAS", 1956 RELEVELING
BARRANCA (I2A) TO BARRANCA (II)	"BARRANCA - SAN JOSE", 1957
ARENAL TO LA IRMA	"LA IRMA - LAS JUNTAS - ARENAL", 1962
SAN RAMON TO SANTA CLARA	"SAN RAMON - SANTA CLARA", 1962

FIRST ORDER CIR  
- 6.1 mm / 2





# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS



## SEE CIRCUIT DIAGRAM

S.O. SAN RAMON - SANTA CLARA, 1962

- 6.1 mm / 298.07 KMS

ESPARTA 21

(B-C) +911.9219 / 52.94  
(A-B) +911.8039 / 52.12

BARRANCA 12A

+1.5 mm / 66.40 KMS  
USING SM-O & O-E?

TO PUNTARENAS

-15.5 mm / 65.42 KMS  
USING O-E

(O-E) +29.5224 / 3.96  
(SM-O) +29.5182 / 3.95

(B-SJ) -118.0350 / 13.77  
(P-L) -118.0233 / 13.82

+4.9 mm / 60.96 KMS USING B-SJ, SM-O & A-RG  
+13.7 mm / 61.04 KMS USING P-L, O-E & BSJ-SM

(B-SJ) -143.2436 / 15.12  
(P-L) -143.2493 / 15.12

(SU-O) -758.4480 / 64.57

+44.5 mm / 132.43 KMS USING B-SJ

+63.9 mm / 132.40 KMS USING P-L

(C-E) -34.2882 / 13.20

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

(SU-SM) -7.3949 / 1.79

(B-SJ) +0

## SEE CIRCUIT DIAGRAM

F.O. NARANJO - VILLA QUESADA, 1960

+31.8 mm / 190.87 KMS

NARANJO 23

(B-C) -237.6965 / 38.93  
(A-B) -237.6844 / 38.95

(B-C) +54.0224 / 4.45  
(A-B) +54.0166 / 3.22

(A-SJ) +199.6530 / 13.05  
(P-L) +199.6550 / 12.88

(B-C) -128.5293 / 7.38

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

(B-SJ) -322.4348 / 14.72

## LINE EXPLANATION

- A-RG F.O. ALAJUELA - RIO GRANDE, 1963
- A-SJ F.O. ALAJUELA - SAN JOSE VIA FERROCARRIL, 1961
- B-C F.O. BARRANCA - CIRUELAS VIA SAN RAMON, 1959 - 60 - 63
- SJ-L F.O. SAN JOSE - LIMON, 1957
- B-SJ F.O. BARRANCA - SAN JOSE, 1957
- SM-O F.O. SAN MATEO - OROTINA, 1953
- BSJ-SM F.O. BARRIO SAN JOSE - ATENAS - SAN MATEO, 1953
- A-B F.O. ALAJUELA - BARRANCA, 1949 - 50
- P-L F.O. PUNTARENAS - PUERTO LIMON, 1948 - 49
- O-E S.O. OROTINA - ESPARTA, 1952
- C-E 3RD O. CURRIDABAT - ESCAZU, 1956
- SJ-SM IMP 3RD O. SAN JOSE - SAN MARCOS, 1951
- SJ-Q IMP 3RD O. SAN JOSE - QUEBRADAS, 1950

SUPERSEDED VALUES ARE BOXED-IN

## CIRCUIT DIAGRAM



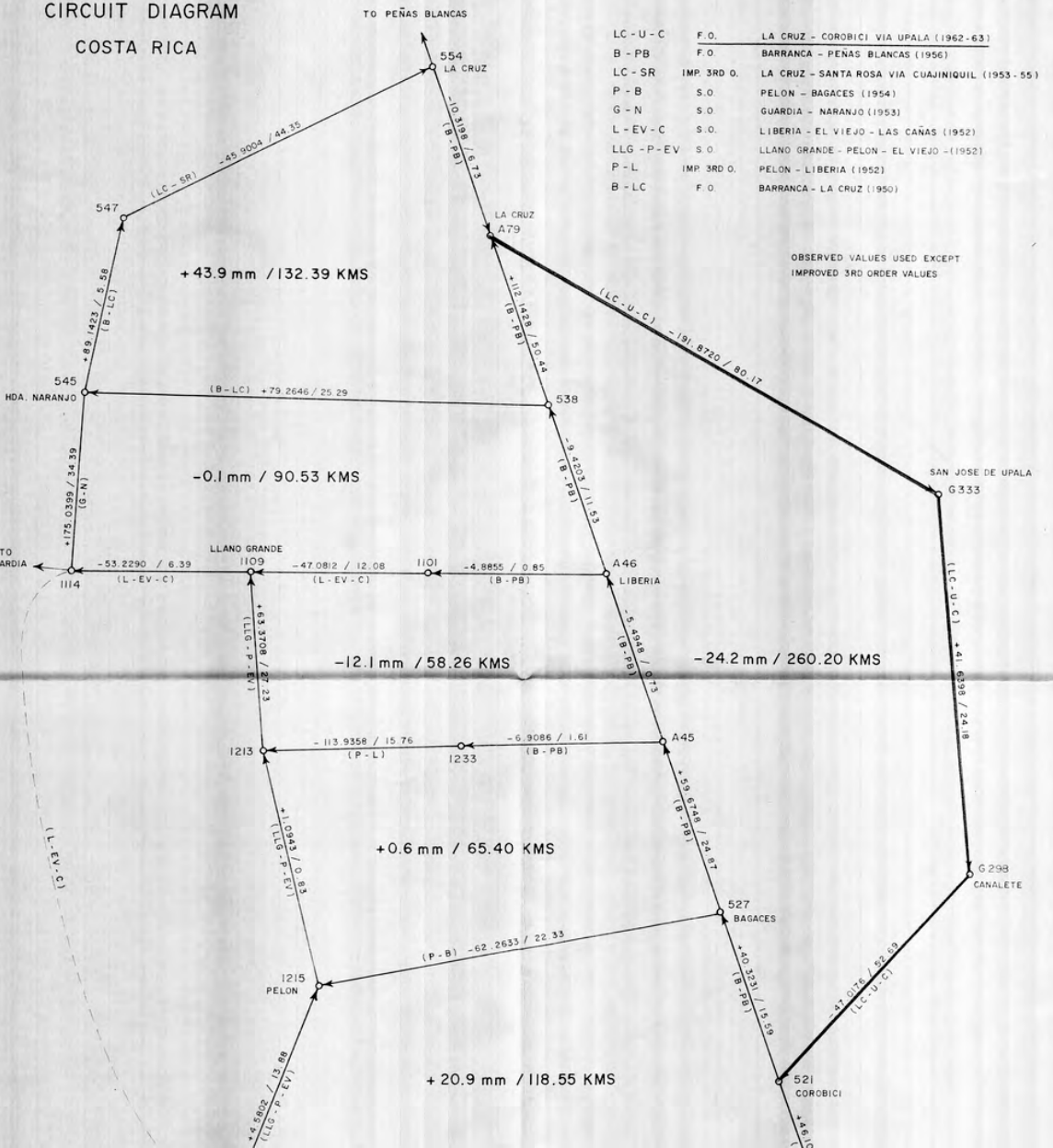


## CIRCUIT DIAGRAM

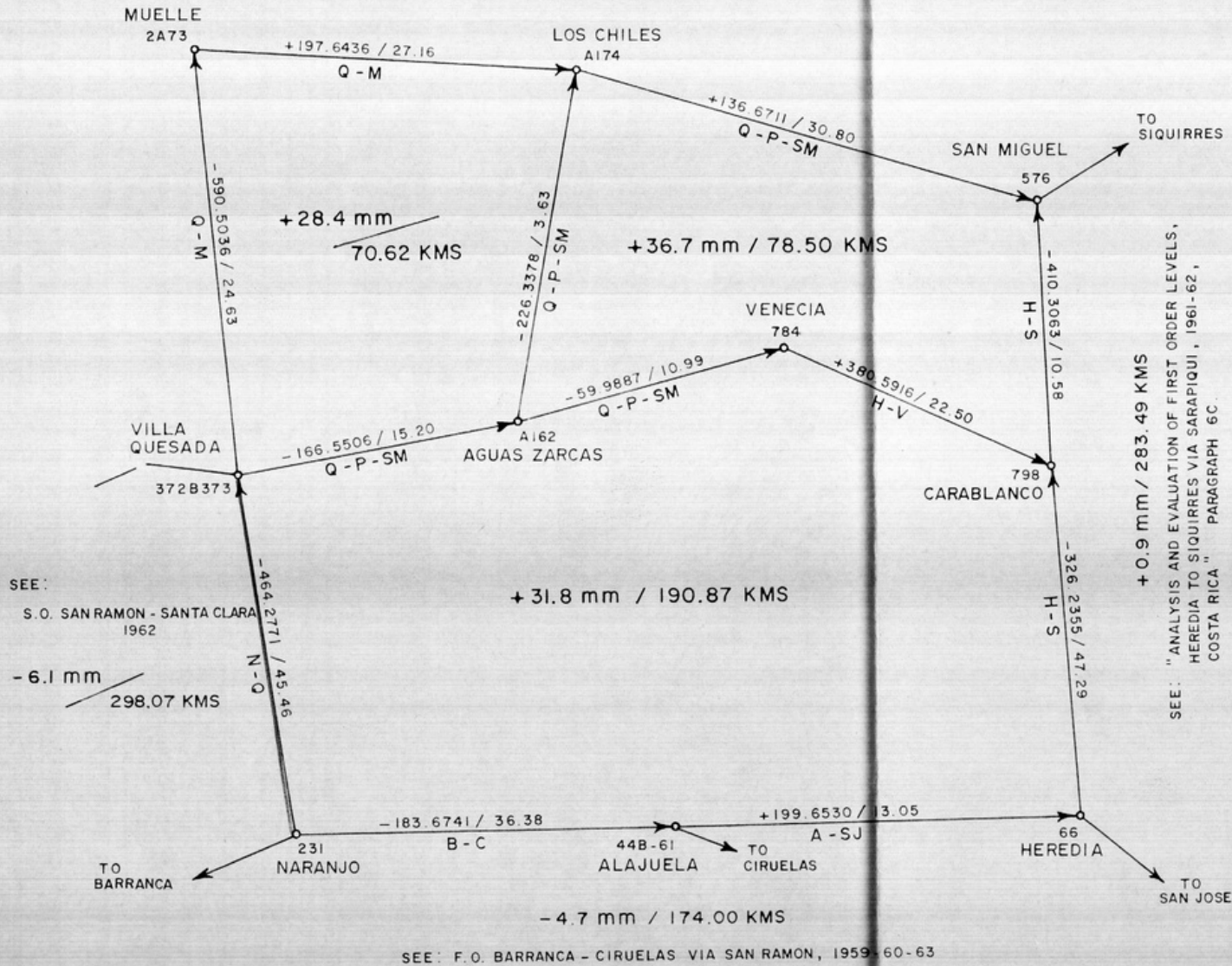
COSTA RICA

LC - U - C	F. O.	LA CRUZ - COROBICI VIA UPALA (1962 - 63)
B - PB	F. O.	BARRANCA - PEÑAS BLANCAS (1956)
LC - SR	IMP 3RD O.	LA CRUZ - SANTA ROSA VIA CUAJINIQUIL (1953 - 55)
P - B	S. O.	PELON - BAGACES (1954)
G - N	S. O.	GUARDIA - NARANJO (1953)
L - EV - C	S. O.	LIBERIA - EL VIEJO - LAS CAÑAS (1952)
LLG - P - EV	S. O.	LLANO GRANDE - PELON - EL VIEJO (1952)
P - L	IMP 3RD O.	PELON - LIBERIA (1952)
B - LC	F. O.	BARRANCA - LA CRUZ (1950)

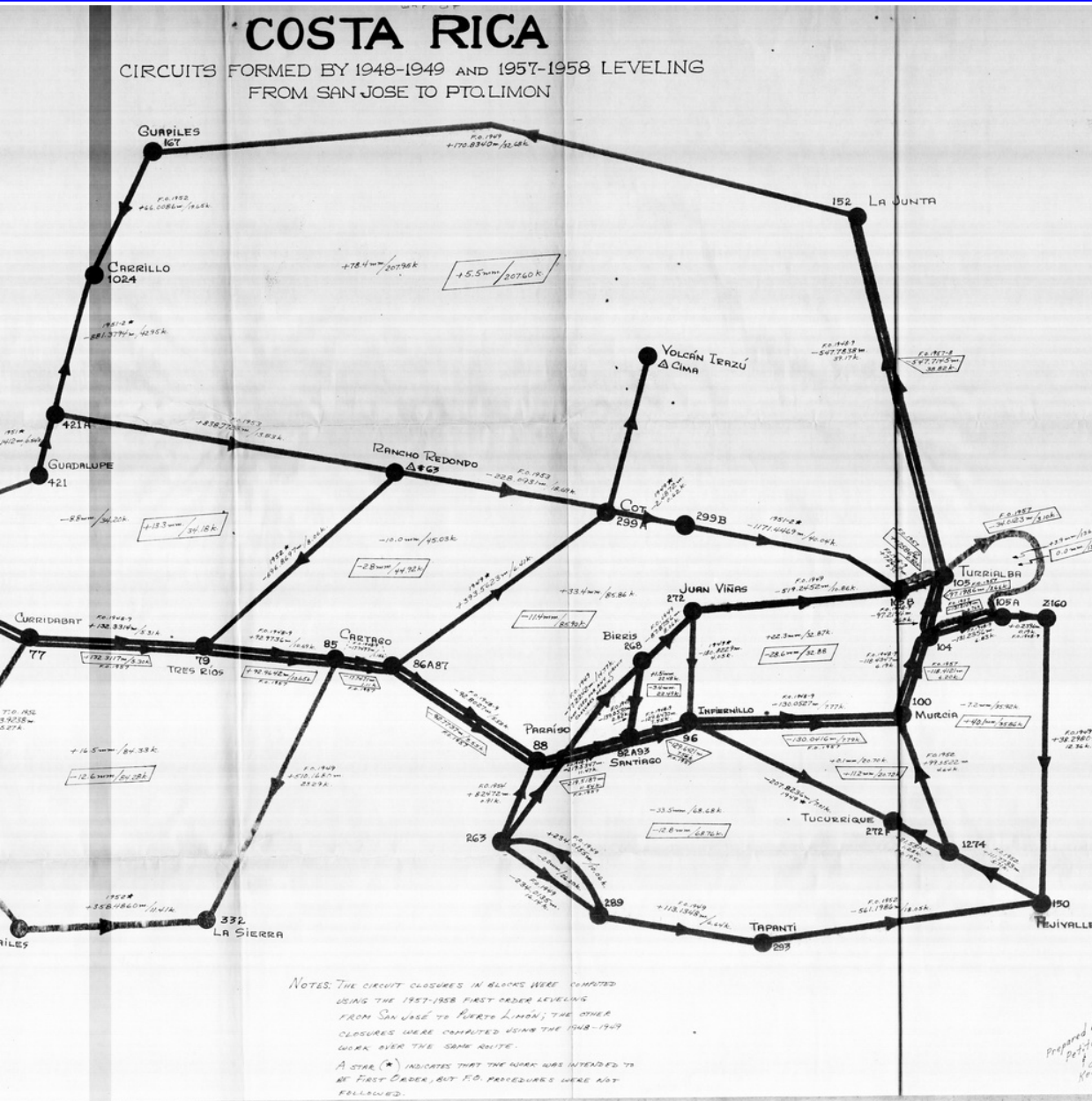
OBSERVED VALUES USED EXCEPT  
IMPROVED 3RD ORDER VALUES



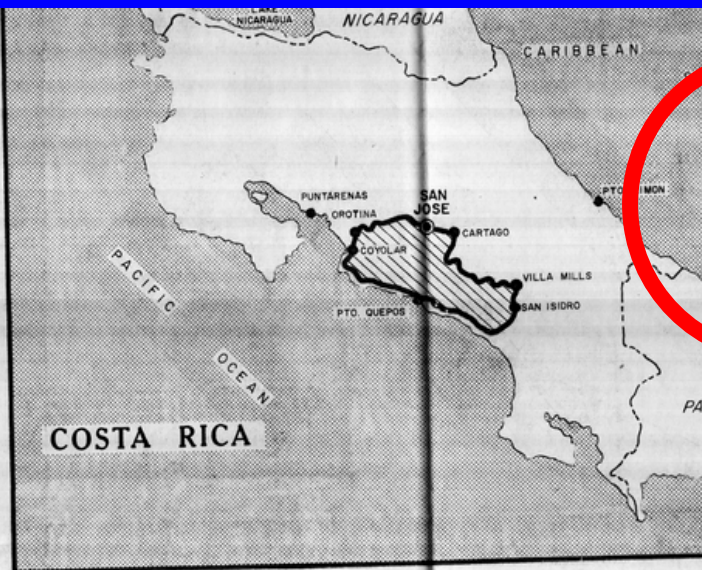
## CIRCUIT DIAGRAM COSTA RICA



# CENTRO NACIONAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS



## CIRCUIT DIAGRAM "QUEPOS LOOP", COSTA RICA

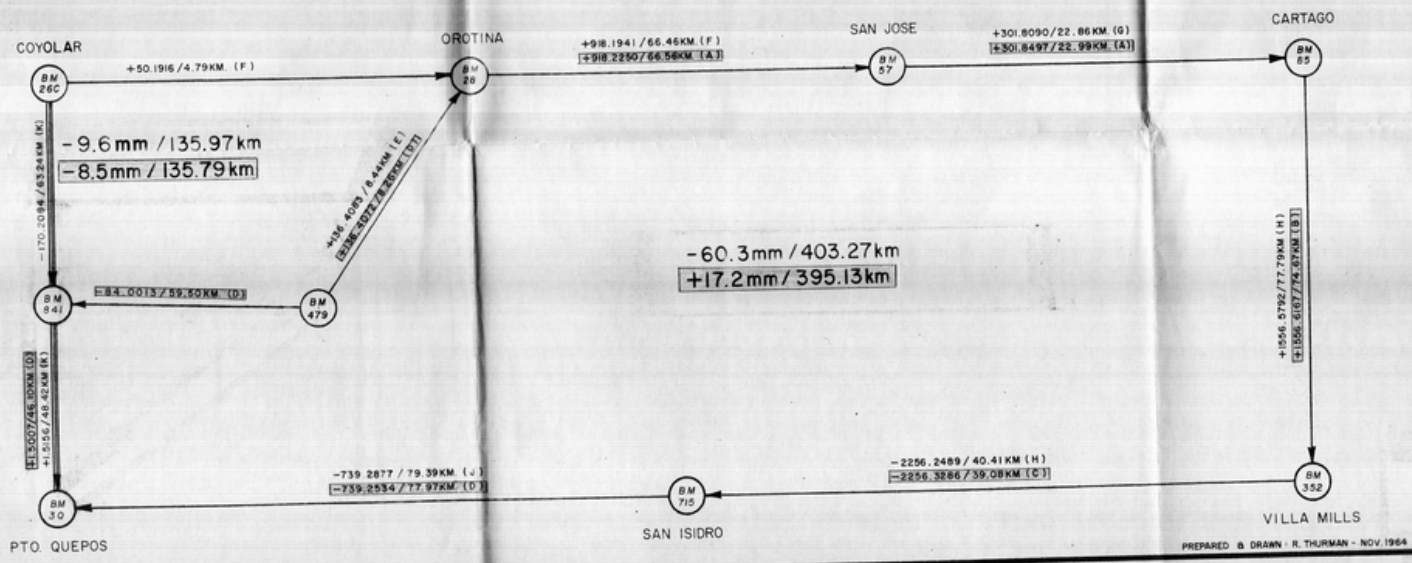


### INDEX TO LEVEL LINES

- (A) PUNTARENAS - PTO. LIMON (1st order, 1948-49)
- (B) CARTAGO - VILLA MILLS (1st order, 1949)
- (C) VILLA MILLS - SAN ISIDRO (1st order, 1949-50)
- (D) QUEPOS LOOP (improved 3rd order, 1950-51)
- (E) SAN PEDRO - OROTINA (3rd order, 1957)
- (F) BARRANCA - SAN JOSE (1st order releveling, 1957)
- (G) SAN JOSE - LIMON SECTION: SAN JOSE - TURRIALBA (1st order releveling, 1957)
- (H) CARTAGO - SAN ISIDRO VIA VILLA MILLS (1st order, 1958-59)
- (J) SAN ISIDRO - PTO. QUEPOS VIA DOMINICAL (1st order, 1958-59)
- (K) COYOLAR - PTO. QUEPOS (1st order, 1958)

### NOTE:

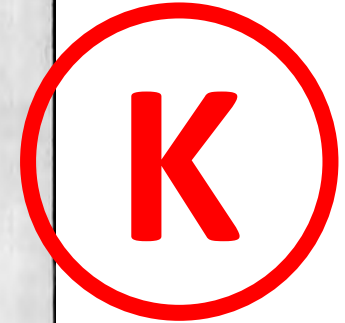
SHADED VALUES REPRESENT EARLIER LEVELING AND CIRCUIT CLOSURES BASED ON THIS LEVELING.  
THE FIRST ORDER PERIMETER CIRCUIT YIELDS A CLOSURE OF: -69.9mm / 403.36km. or 0.17 mm / km.



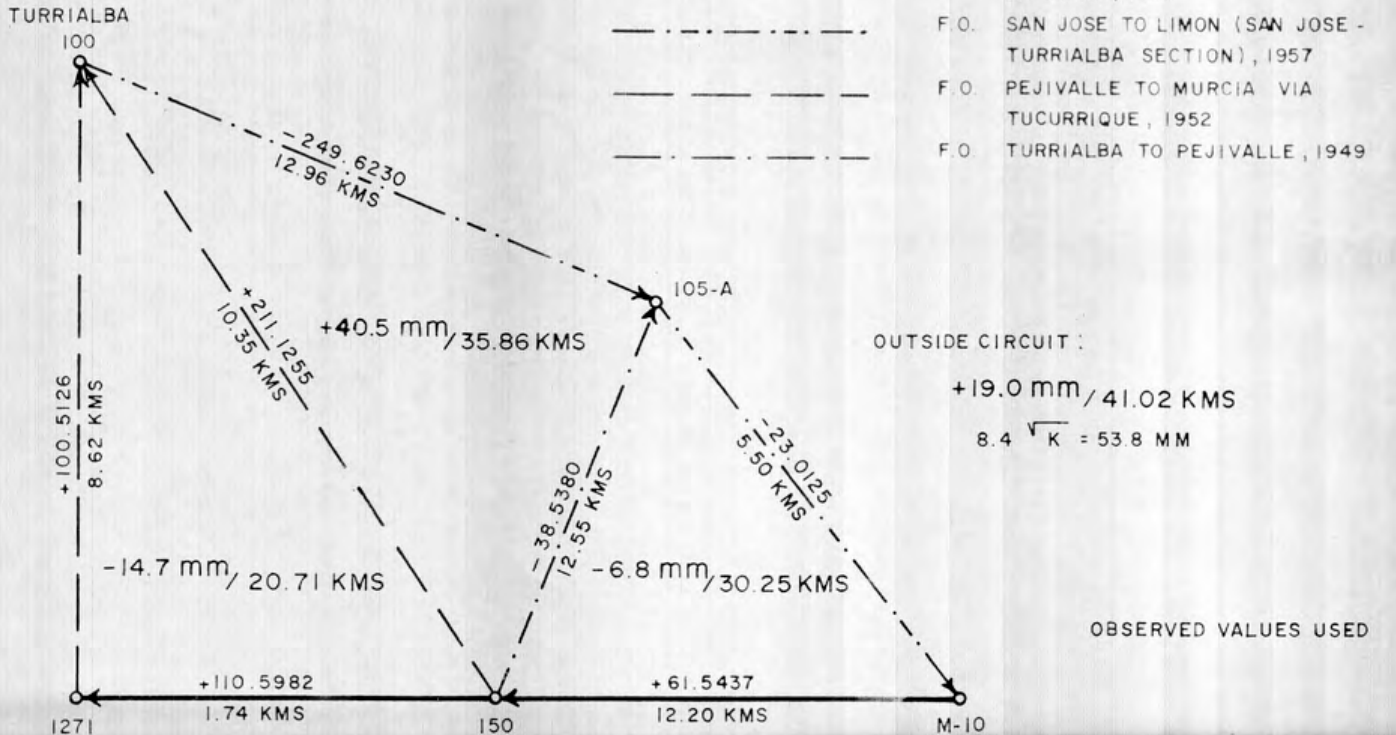
PREPARED & DRAWN BY R. THURMAN - NOV. 1964

FOR REPORT :

SECOND ORDER SPUR: PEJIVALLE - CRUCE ATIRRO - LA SUIZA, 1957



## CIRCUIT CLOSURE DIAGRAM



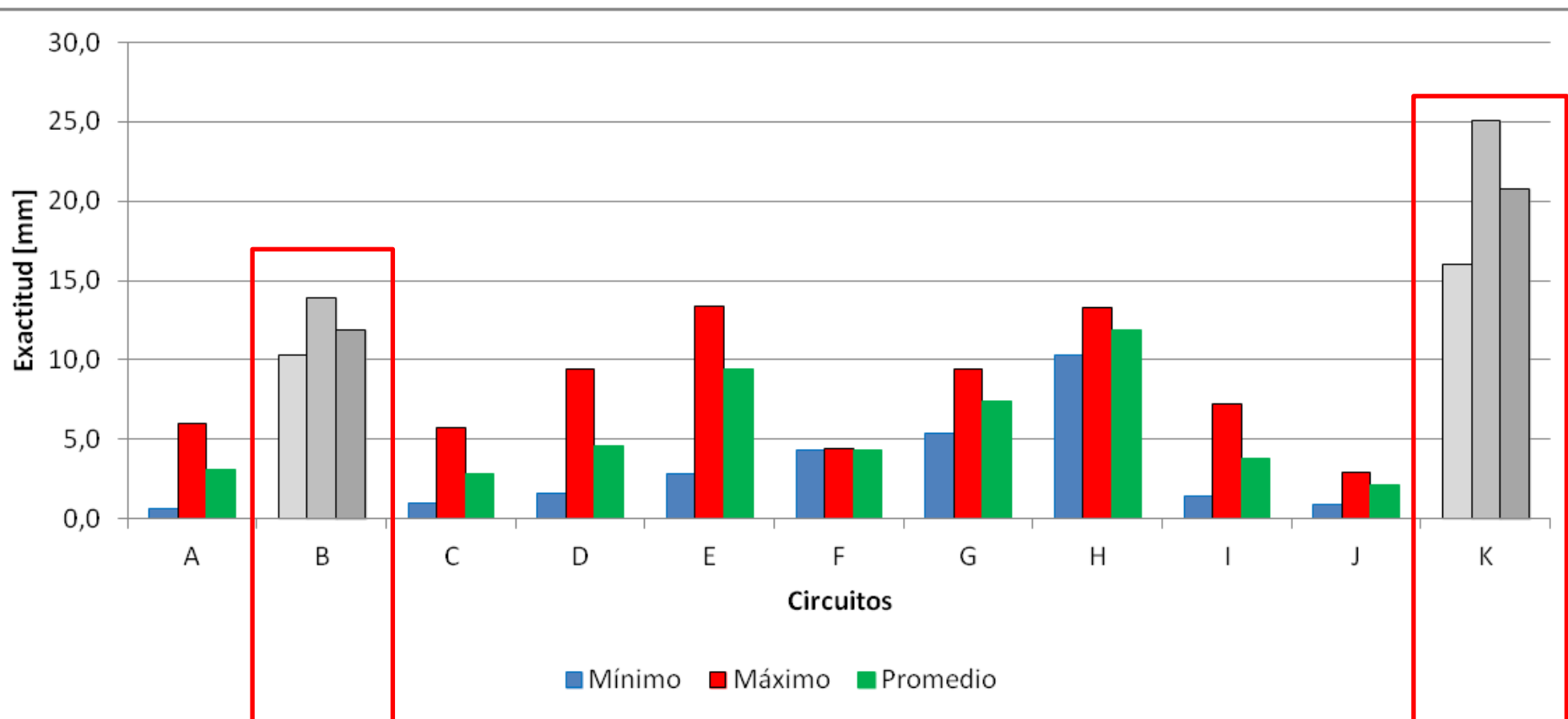
# RESULTADOS

## Resumen de los ajustes de cada uno de los circuitos

Nombre	Proyecto	f	Varianzas		Tipo de puntos			
			$\sigma_0$	$S_0$	Fijos	Nuevos	Datum	Total
A	17SUR1	3	1,500	0,880	9	3	0	12
B	282ESOR	1	3,000	1,211	0	0	3	3
C	31GUA1	5	1,500	0,800	2	8	0	10
D	382GUA2	14	2,000	0,885	14	18	0	32
E	913NOR1	3	3,000	1,198	6	3	0	9
F	942ALA1	2	3,000	0,638	11	2	0	13
G	99GUA3	4	2,000	1,098	7	8	0	15
H	C101	4	1,000	1,067	6	4	0	10
I	C37	16	2,000	0,975	20	16	0	36
J	C83	3	1,500	0,281	2	7	0	9
K	C88	3	10,000	1,425	0	0	5	5



## Valores mínimo, máximo y promedio de exactitud en [mm]



# CONCLUSIONES

- Los primeros resultados de este proyecto evidencian una alta consistencia entre los datos consignados en los registros oficiales del IGN y el proceso de ajuste geodésico.
- Se han logrado verificar las “alturas” de un total de 77 puntos de conformidad con los datos del IGN (asumidos como fijos en los ajustes).
- Se ha dado una “nueva altura ajustada” a un total de 69 puntos de acuerdo con el sistema definido por los puntos fijos.
- La exactitud promedio de estos vértices está entre los  $\pm 3$  mm y  $\pm 11$  mm.

- Sin embargo es evidente que hay aspectos a considerar en aras de poder brindar una solución:
  1. El material solamente muestra los datos de los desniveles “medidos”, sin ninguna otra información adicional que permita respaldar la veracidad de las observaciones.
  2. Por ejemplo dos líneas del circuito J:  
Del 352 al 715 se reporta una distancia de 40 Km y un desnivel de 2256.2489 m  
De San José a Cartago se tiene 23 Km y 301.6090 m de desnivel.

- Las alturas obtenidas reflejan la situación dada en la época en la que se hicieron las mediciones. Evidentemente no se pueden asumir como valores actuales.
- Lamentablemente no se tiene información de cuantos de estos puntos existen hoy día. Puede ser que ninguno.
- Los resultados permitirán una vez efectuada una campaña de medición vertical, determinar valores aproximados en cuanto a las variaciones que se han dado desde entonces.
- En la segunda etapa del proyecto se realizará la búsqueda de puntos comunes entre los circuitos tratando de establecer posibles enlaces.