

コロンビア共和国

ベナヘンツラーホコタ間道路計画

フィージビリティ調査報告書

(第2巻新道建設)

昭和五十八年八月

国際協力事業団

RY

コロンビア共和国
ベナベンツラーボゴタ間道路計画
フィージビリティ調査報告書
(第2巻新道建設)

JICA LIBRARY



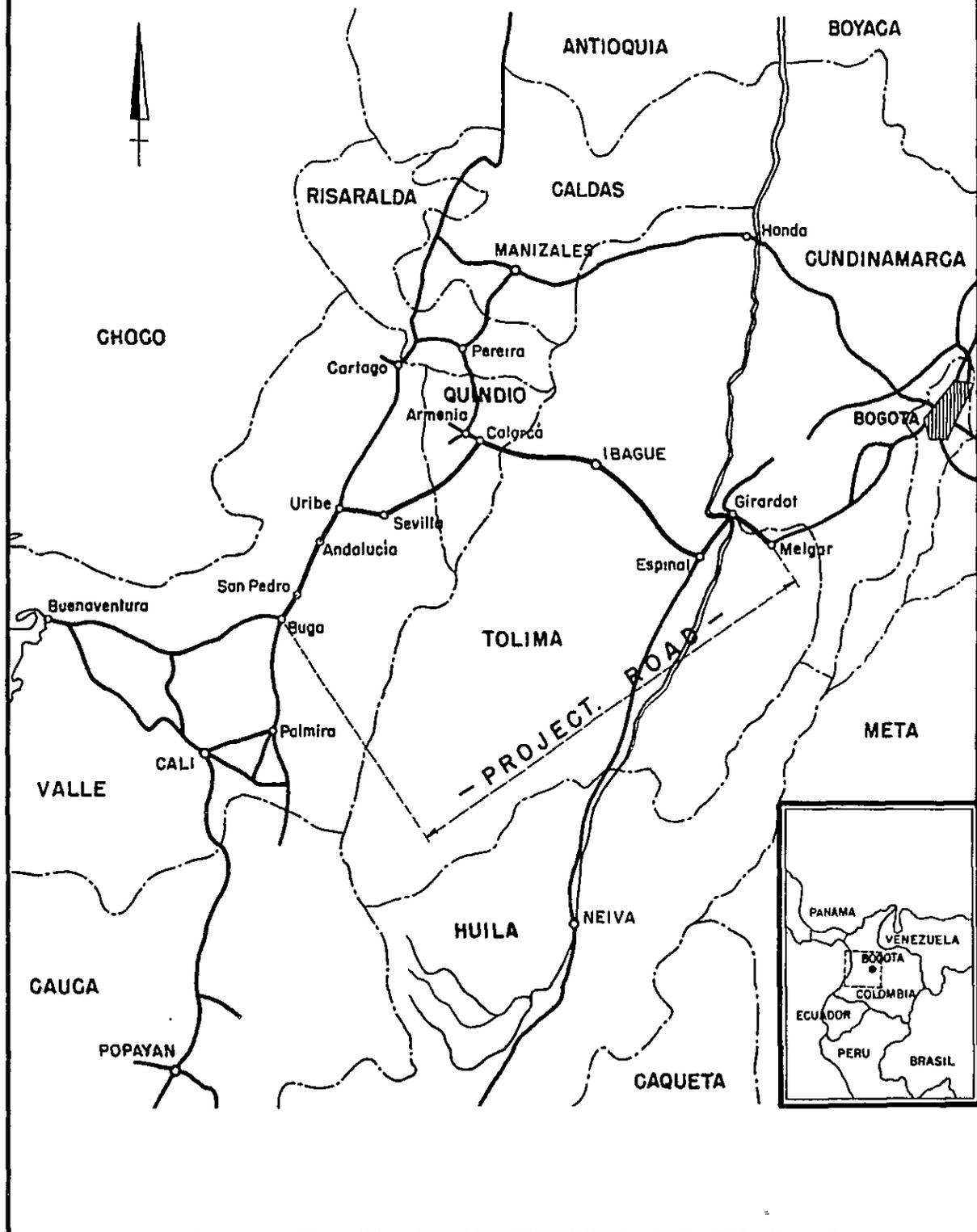
1030156[2]

昭和57年3月

国際協力事業団

國際協力事業団	
登録 584.8.247	705
登録No. 13788	614
	SDF

LOCATION MAP.



要約と結論

要 約 と 結 論

1 調査の目的

本報告書は約260 Kmに達するMelgar - Buga間を結ぶ新道に関する可能性調査の結果を記したものである。新道はアンデス中央山脈を横切ってコロンビアの首都Bogotaと同国最大の太平洋岸に位置する Buenaventura 港とを結ぶ東西道路の一部分を構成するものとして位置づけられる。

現在のMelgar - Buga ルートはその一部分、すなわち Ibague - Calarca 間において中央山脈を横切っており、この区間では、貧弱な道路線型、急勾配に加えて、地すべり、落石、あるいは斜面崩壊等の悪条件下にある。

コロンビア政府公共事業省(MOPT)は、この道路の重要性に鑑み、改良計画の作成に着手することとし、日本政府に調査の実施を要請した。調査は国際協力事業団(JICA)が実施することとなり、現道改良の経済的妥当性および新道建設の可能性について調査が実施された。

この報告書、第4巻は新道建設に関する調査結果を示しており、第1巻に現道改良に関する調査結果が記されている。

本調査の目的は以下のとおりである。

- プロジェクト対象地域の航空地図の作成
- 技術的観点による新道の最適ルートを選択
- 新道建設に対する経済的可能性の検討

2 調査の方法

調査内容は次の項目を含んでいる。

- (1) プロジェクト対象地域の経済調査
- (2) 新道建設の場合の交通分析、予測
- (3) 車両走行費用分析
- (4) 新道建設地域の現況分析
航空地図作成、地質判読、その他
- (5) 建設費用の算定
- (6) 費用・便益分析を含む経済評価

3 代替案

新道について3つのルート代替案を検討した。

(1) 北ルート

このルートは現道のEspinal - Chicoral 区間の中間より始まり、El Corazon, Roncesvalles, Sta. Lucia等の町を通過、Bugaに至る。

(2) 南・北ルート

この案は Roncesvalles まで北ルートと同じルートを通り、以後 San Jose de las Hermozas で南ルートと合流する。

(3) 南ルート

このルートは Espinal-Neiva 道路の Castilla より始まり、Chaparral, San Jose de las Hermozas, Sta. Lucia, Nogales の町を通過、Buga に至る。

4. 経済評価

経済分析結果によれば、プロジェクト実施時期を 1984 年とすれば、以下の如くである。

B/C (i = 12%)	0.62
IRR	7.9%

ただし、この分析結果の内には、開発便益、あるいは現道の道路閉鎖便益は含まれてはいない。

さらに、感度分析において述べているように、建設コストはコロンビア国での同種の山岳道路工事の工費と比較すると高目に積算されており、上記の B/C 又は IRR は低目に計算されていると思われる。

5. 結論

経済分析結果では十分な費用便益比が得られてはいないが、現道の交通容量の補完、道路網の拡充あるいは地域開発効果等の観点より新道建設は価値あるものと考えられる。

したがって、経済分析において見込まれていない開発便益、あるいは道路閉鎖便益を正確に計量し、あるいは農業開発等の開発計画を策定することが、プロジェクト実行前に行なわれるように望まれる。

プロジェクト費用 (1980年 価格, 百万ペソ)	
外貨分	4 258.4 (53.2%)
内貨分	3 067.1 (38.3%)
税金	684.9 (8.5%)
計	8 010.4 (100%)
用地費	372.1
合計	8,382.5

目 次

第1章 序 論	1
第2章 プロジェクト対象地域の経済	3
2-1 人 口	3
2-2 地域総生産	3
2-3 農業の現況	6
第3章 計画道路の交通	13
3-1 Bogota - Buenaventura 間現道の交通量	13
3-2 プロジェクト対象地域の交通量OD解析	13
第4章 新道に対する交通予測	17
4-1 手 法	17
4-2 転換交通量	18
4-3 開発交通量	23
4-4 既存交通量	23
第5章 対象地域の現況	27
5-1 概 況	27
5-2 道路条件	27
5-2-1 東部の道路	29
5-2-2 西部の道路	29
5-2-3 橋 梁	29
5-2-4 道路付帯施設	29
5-3 地質判読現況	30
5-3-1 写真判読項目	30
5-3-2 地質概略	30
5-4 水文調査	34
5-5 土質・材料調査	34
5-5-1 土 質	34
5-5-2 橋梁の基礎地盤	34
5-5-3 骨 材	34

第6章 航空測量	35
6-1 当初の計画	35
6-2 測量の実施	35
第7章 代替ルートとの設計とベストルートとの選択	39
7-1 概 要	39
7-2 代替ルートとの設計基準	39
7-2-1 幾何構造設計基準	39
7-2-2 構造物の設計基準	39
7-2-3 舗装の設計基準	39
7-2-4 斜面崩壊対策	43
7-3 代替ルートとの設計	43
7-3-1 代替ルートのペーパーロケーション	43
7-3-2 エンジニアリング調査	49
7-4 数量計算	50
7-4-1 既存舗装道路区間	50
7-4-2 既存砂利道路区間	51
7-4-3 新道建設区間	51
7-5 ベストルートとの選択	51
7-5-1 3本の代替ルートの比較	51
7-5-2 ベストルートの線形の決定	54
第8章 道路建設工事費	57
8-1 コスト算定の方法	57
8-2 建設工事数量	57
8-3 単価分析	57
8-4 建設工事費	58
8-5 道路維持補修費	58
8-1 日常補修費	58
8-2 定期補修費	58
第9章 経済評価	73
9-1 総 論	73
9-1-1 経済分析の対象	73
9-1-2 計量できない費用・便益	73

9-1-3	新道の代替案	73
9-2	便 益	75
9-2-1	車両走行費用	75
9-2-2	交通費用の計算	75
9-2-3	便 益	75
9-2-4	プロジェクト道路の残存価値	76
9-3	費 用	76
9-4	費用・便益分析	77
9-5	感度分析	78
9-6	結 論	79

Table and Figure List

Table 2-1	Population Trend in Project Area	4
2-2	Regional Gross Product	5
2-3	GDP by Economic Sector in 1975	5
2-4	Area and Population of Relevant Economic District	6
2-5	Rural Families and Farmers	6
2-6	Statistics of Farms	7
2-7	Areas of Major Crops	9
2-8	Productions of Major Crops	10
2-9	Yields of Major Crops	11
Table 3-1	Road Condition of Ibague-Calarca Route	14
3-2	Average Vehicle Operating Speed	13
3-3	Road Capacity and Forecasted Traffic Volume (without Project)	15
3- 4	O-D Table concerned with Melgar-Buga Route (1980)	16
Table 4-1	Tentative Selected Crops	17
4-2	Area for Selected Crops and Productivity	18
4-3	Traffic Volume Forecasted on Existing Road	19
4-4	Traffic Volume Forecasted on New Road	20
4-5	Comparison of Trip Time	21
4-6	Average Vehicle Speed without Project	22
4-7	Average Vehicle Speed on Existing Road (100% diversion)	24
4-8	Average Vehicle Speed on New Road	25
4-9	Road Condition of Chaparral Route	26
Fig. 5-1	Road Network in the Project Area	28

	5-2	Simplified Geological Map	31
	5-3	Isohyetal Map	33
Fig.	6-1	The Area of Topographical Map Newly Filled up by Aerophotography	37
Table	7-1	Geometric Design Criteria	41
	7-2	Slope Protection Method	42
	7-3	The Natural Ground Slope Distribution by Alternative Route	46
	7-4	The Vertical Gradient Distribution by Alternative Route	47
	7-5	Thickness of the Pavement	50
	7-6	Comparison of Three Major Alternative Routes	52
	7-7	Comparison of Alternative Routes between Nogales and Buga	53
	7-8	Study and Report of Passing Landslide Area	55
	7-9	Comparison of Passing Methods of Los Andes Depression	56
Fig.	7-1	Typical Cross Sections	40
	7-2	Alternative Routes	44
	7-3	Profiles of Alternative Routes	45
	7-4	Rock Classification along the Alternative Routes	48
Table	8-1	Unit Construction Cost	59
	8-2	Hourly Cost of Construction Equipment	62
	8-3	Hourly Wages	64
	8-4	Cost of Main Materials	65
	8-5	Construction Cost; Southern Route (Chaparral Route)	67

8-6	Construction Cost; Northern Route (Roncesvalles Route)	68
8-7	Construction Cost; North-South Route	69
8-8	Road Maintenance Cost	58
8-9	Annual Expenditure for Chaparral Route	70
Fig. 8-1	New Road: Chaparral Route Implementation Schedule	71
Table 9-1	Economic Vehicle Operating Cost	74
9-2	Traffic Cost	75
9-3	Existing Traffic Benefits(Chaparral Route)	76
9-4	Construction Cost of Chaparral Route	77
Fig. 9-1	Road User Benefit	81
9-2	Benefit Cost Ratio	81

第1章 序 論

第 1 章 序 論

コロンビア国最大の太平洋岸の港 Buenaventura と首都 Bogota を結ぶ道路はこの 2 つの都市を結ぶ主要東西幹線である。この道路はまた Espinal, Ibague, Calarca あるいは Buga という都市をも結んでいるが、約 3 千メートルの中央山脈を横切するため、非常に厳しい地形を急勾配、貧弱な線形で強いられている。

コロンビア政府は 1977 年における Rio Magdalena Transport Study の結果を踏まえて、中央山脈を横断する交通需要の増大に対処するため、大規模な投資が必要であるとの結論を得、現道の改良あるいは新道の建設についての経済的調査を実施を計画し、その実施を日本政府に要請したものである。

1979 年 7 月より、国際協力事業団は調査を開始し、1980 年 11 月まで各分野の専門家がコロンビア共和国に派遣された。

調査の結果は分冊にまとめられている。現道改良に関する調査結果は第 1 巻にまとめられている。本巻は Bogota - Buenaventura 間の新道建設に関する調査結果をまとめたものである。

第2章 プロジェクト対象地域の経済

第2章 プロジェクト対象地域の経済

現 Bogota - Buenaventura 道路は Cali あるいは Medellin とならんで主要な工業地帯である Bogota より始まり、Tolima 州の Ibague, Quindio 州の Armenia, Valle de Cauca 州の Cali を通り、Buenaventura に至る道路である。

計画されている新道は現道の南側に位置し、現道の Espinal から始まり、Tolima 州の Castilla および Chaparral, Valle de Cauca 州の Sta. Lucia を通過し Buga に至るものであり、Quindio 州は通過しない。

ここでは上記の3州の経済水準を明らかにし、新道建設による地域経済発展へのインパクトを検討するものである。

コロンビア経済を農業主体から、製造業主導型経済へと転換させる政策努力にもかかわらず、GDP に対する農業部門の比率は依然として大きな割合を占めている。工業地帯の Cali を有する Valle de Cauca 州においては、GDP に対する製造業部門の比率はもっとも高く 29.4% であり、農業部門は次いで 21.6% になっている。一方 Tolima および Quindio の両州では農業部門が州経済の柱を占めている。

とくに新道の大部分が建設される Tolima 州では GDP に対する農業部門の比率はほぼ 50% に達している。

したがって、プロジェクト対象地域では、工業化推進の後においても、農業が経済の重要な役割を占めつづけることは容易に理解できる。

2-1 人口

プロジェクト対象地域の人口統計(1971~1979年)および1990年の人口推計について、全国値とともに Table 2-1 に示す。都市の人口集中化は増大しつづけており、この傾向は20世紀の近い未来まで続くと言想される。

2-2 地域総生産

Table 2-2 にプロジェクト対象地域の3州の地域総生産とコロンビア国内総生産をあわせて示した。Valle 州の人口当り GDP は国平均よりも高くなっているが、他の州では低い値を示している。

Table 2-3 に3州の1975年におけるGDPの各部門別内訳を示した。

Table 2-1 Population Trend in Project Area

Year	Population (thousand)							Growth rate p.a. (%)		
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977		1978	1979
Colombia	21,347.8	21,941.5	22,551.8	23,179.1	23,823.8	24,486.8	25,167.5	25,867.5	26,587.0	2.8
Tolima Dept.	930.1	942.9	956.7	969.3	985.4	1,000.7	1,016.6	1,032.9	1,049.8	1.5
Ibague Municip.	195.1	199.8	205.0	231.0	239.0	246.0	255.0	264.0	272.0	5.2
Quindio Dept.	330.1	333.5	337.2	340.7	344.5	348.3	352.2	356.1	360.1	1.1
Armenia Municip.	143.9	144.9	146.0	163.0	166.0	168.0	172.0	174.0	177.0	2.6
Valle Dept.	2,204.0	2,277.0	2,353.0	2,433.0	2,518.5	2,606.1	2,697.1	2,791.7	2,890.0	3.4
Cali Municip.	852.7	887.3	923.0	1,038.0	1,081.0	1,142.0	1,197.0	1,255.0	1,316.0	5.6

Department	Population (thousand)				Growth rate p.a. (%)
	1975	1978	1980	1990	
Tolima	499.9	547.9	582.4	790.5	3.1
Others	485.5	485.0	484.7	483.2	0.0
Total	985.4	1,032.9	1,067.1	1,273.7	0.6
Quindio	248.9	260.9	269.2	315.0	1.6
Others	95.5	95.2	94.9	93.5	- 0.2
Total	344.5	356.1	364.1	408.5	1.1
Valle	1,936.4	2,189.7	2,376.7	3,580.5	4.2
Others	582.1	602.0	615.6	688.4	1.1
Total	2,518.5	2,791.7	2,992.3	4,268.9	3.5

Sources: DANE, Banco de Datos

Table 2-2 Regional Gross Project

million Pesos in 1970 price

Department	Year				GDP per Capita in 1975 (Pesos)
	1960	1965	1970	1975	
Tolima	3,532.6	4,030.6	5,410.4	7,103.0	7,267
Quindio	1,244.7	1,384.9	1,564.5	1,880.1	5,485
Valle	9,677.9	12,365.2	16,303.2	20,804.3	8,377
Colombia	77,714.4	97,967.9	130,361.4	176,477.6	7,507

Source: El Desarrollo Economico Departmental Wentos Nacionales de Colombia

Table 2-3 GDP by Economic Sector in 1975

(%)

Sector	Dept.				
		Colombia	Tolima	Quindio	Valle
Agriculture		25.1	49.4	32.4	21.6
Mining		1.3	0.3	0.1	0.2
Manufacturing		19.2	4.8	12.6	29.4
Construction		4.5	1.6	3.1	2.9
Commerce		16.7	15.2	14.3	16.5
Transportation		6.1	4.6	5.6	7.5
Communication		1.3	0.6	1.4	1.1
Utility		1.6	1.1	0.7	1.4
Finance		4.6	3.1	7.6	4.3
Real Estate		5.7	2.7	9.2	4.1
Personal Services		7.5	4.5	8.3	6.7
Government Services		6.3	12.7	4.8	4.3

Source: El Desarrollo Economico Departmental Wentos Nacionales de Colombia

2-3 農業の現況

コロンビアにおける地方開発プログラムを検討するために、FAO/IBRDは莫大な量の資料の収集と解析を行ない、1973/74年度に the Colombia Identification Mission Integrated Rural Development のタイトルの報告書をまとめている。

Table 2-4 Area and Population of the Relevant Economic Districts

Code No.	Economic District	Area ₂ Km ²	Population in 1973	Density ₂ /km ²	Percent of Rural ¹⁾ Population (%)
9	Buga	2,686	151,750	56.5	28.6
10	Tulua	1,882	170,460	90.6	42.9
11	Sevilla	2,384	194,800	81.7	45.2
15	Natagaima	3,120	78,960	25.3	68.2
16	Chaparral	9,111	121,500	13.3	77.2
17	Ibague	5,706	316,180	55.4	31.5
18	Girardot	4,858	400,285	82.4	50.1

Note: 1) Population scattered in rural areas or living in centers less than 2,500 inhabitants

Source: FAO/IBRD Report, 1974

Table 2-5 Rural Families and Farmers

Economic District	Number of Families	Number of Farmers	Number of Land-less Farmers	Percent of Land-less Farmers
Buga	6,743	4,334	3,437	79 %
Tulua	11,450	6,730	5,271	78
Sevilla	13,784	7,147	5,682	79
Natagaima	8,415	6,576	4,844	74
Chaparral	14,664	13,315	9,844	74
Ibague	15,589	14,564	9,418	65
Girardot	31,358	21,206	14,144	67

Source: FAO/IBRD Report, 1974

この報告書の第5巻 'Statistical Atlas' では、国家計画局 (DNP) の区分による経済圏別に農業基本資料がまとめられている。これらの経済圏のうち、Table 2-4 に示す7圏がプロジェクト対象地域にあたり、新道はこれら7圏のうち2圏にまたがって建設されることになる。(16と9)

Table 2-4 は経済圏別の人口密度を示している。Chaparral 圏は新道のかなりの部分が建設されることになるが、現在道路網が整備されておらず、人口密度も13.3人/haにすぎない。しかも都市以外の地方在住の人口比率は77%と高く、道路網が比較的整備されている他経済圏の30~50%に比べると差が大きく表われている。

これらの地域の大部分の農民は農地を所有せず、また伝統的な農業形態に従事している小農の多くは4~5ヘクタールの農地(ときにはそれらの農地には休耕地をも含んでいる)しか所有していない。(Table 2-5)

Table 2-6 Statistics of Farms

Economic District	Area (Km ²)	Area of Farms	Percent of Cultivated Area	No. of Farms	Average Area of Farms (ha)
Buga	2,686	161,714	60	4,334	37.3
Tulua	1,882	199,447	(100)	6,730	29.6
Sevilla	2,384	194,451	82	7,147	27.2
Natagaima	3,120	175,265	56	6,576	26.7
Chaparral	9,111	368,495	40	13,315	27.7
Ibague	5,706	447,405	78	14,564	30.7
Girardot	4,858	314,162	65	21,206	14.8

Source : FAO/IBRD Report, 1974

Table 2-6 は耕地と平均農場規模を示している。Chaparral 経済圏は耕地面積として全面積の 40%しか利用していない。全農地の 74%は牧草地に、20%は多年作物にそして6%が単年作物に利用されている。

結論として、新道が建設される地域はもっとも開発の遅れている地域であるが、プロジェクトの完成後の農業開発のポテンシャルは十分にあると予想される。

これらの地域の農業動態に関して、畜産を除いて、Table 2-7に主要穀物の作付面積、Table 2-8にその生産高、さらにTable 2-9に単位面積当りの収穫量を示した。

Table 2-7 Areas of Major Crops

District Crops	9. Buga	10. Tulua	11. Sevilla	15. Natagaima	16. Chaparral	17. Ibague	18. Girardot
Barley	100	310	140	-	-	-	20
Potatoes	230	1,500	355	-	10	1,060	-
Sesames	-	-	-	1,480	4,280	980	9,260
Maize	7,150	8,540	4,930	2,380	7,920	7,540	23,315
Cassava	610	5,600	1,500	1,090	3,330	2,210	3,210
Beans	560	630	775	60	1,770	1,595	110
Sorghum	5,090	3,960	2,920	5,840	820	2,620	5,170
Plantains	1,350	3,390	4,720	4,310	9,840	5,480	11,625
Banana	415	520	635	345	565	430	1,350
Sugar Cane	4,250	17,880	11,390	940	4,540	4,690	5,210
Cotton	2,000	1,780	1,750	6,160	2,770	1,180	23,885
Paddy	390	1,020	180	6,790	1,890	8,930	18,780
Coffee	9,334	19,830	32,341	9,437	52,184	25,838	14,058
Cacao	15	185	360	690	1,030	85	-
Tobacco	-	55	60	20	50	690	-

Source: FAO/IBRD Report, 1974

Table 2-3 Production of Major Crops

District Crops	9. Buga	10. Tulúa	11. Sevilla	15. Natagaima	16. Chaparral	17. Ibague	18. Girardot
Barley	55	171	77	-	-	-	34
Potatoes	1,495	9,750	2,470	-	58	6,148	-
Sesames	-	-	-	508	3,042	606	6,019
Maize	14,729	17,592	19,220	2,309	7,681	7,316	22,678
Cassava	4,331	4,270	9,270	6,272	19,880	13,608	21,116
Beans	716	806	992	29	867	747	55
Sorghum	9,120	6,984	5,040	674	570	857	2,470
Plantains	12,780	30,510	44,910	34,950	71,175	40,575	78,282
Banana	4,884	6,438	7,659	2,370	3,539	2,751	12,772
Sugar Cane	365,600	1,248,000	892,000	99,360	160,920	160,210	173,150
Cotton	4,400	3,759	3,885	12,986	9,529	2,270	35,904
Paddy	1,484	3,053	1,935	34,970	9,735	45,990	91,024
Coffee	4,708	11,437	22,050	7,876	15,132	14,459	8,154
Cacao	7	92	169	289	418	30	-
Tobacco	-	117	145	24	84	948	-

Source: FAO/IBRD Report, 1974

Table 2-9 Yields of Major Crops

District Crops	9. Buga	10. Tulua	11. Sevilla	15. Natagaima	16. Chaparral	17. Ibague	18. Girardot
Barley	0.6	0.6	0.6	-	-	-	1.7
Potatoes	6.5	6.5	7.0	-	5.8	5.8	-
Sesames	-	-	-	0.3	0.7	0.6	0.7
Maize	2.1	2.1	3.9	1.0	1.0	1.0	1.0
Cassava	7.1	0.8	6.2	5.8	6.0	6.2	6.6
Beans	1.3	1.3	1.3	0.5	0.5	0.5	0.5
Sorghum	1.8	1.8	1.7	0.1	0.7	0.3	0.5
Plantains	9.5	9.0	9.5	8.1	7.2	7.4	6.7
Banana	11.8	12.4	12.1	6.9	6.3	6.4	9.5
Sugar Cane	86.0	69.8	78.3	105.7	35.4	34.2	33.2
Cotton	2.2	2.1	2.2	2.1	3.4	1.9	1.5
Paddy	3.8	3.0	10.8	5.2	5.2	5.2	4.8
Coffee	0.5	0.6	0.7	0.8	0.3	0.6	0.6
Cacao	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	-
Tobacco	-	2.1	2.4	1.2	1.7	1.4	-

Source: FAO/IBRD Report, 1974

第3章 計画道路の交通

第3章 計画道路の交通

3-1 Bogota-Buenaventura間現道の交通量

Bogota - Buenaventura間現道の交通に関する詳細は第1巻第3章に述べられている。Table 3-1は道路の状況と1980年の交通量を示している。交通量は1980年において道路容量の約半分以下にすぎない。

Table 3-2は1980年9月に実施された車両走行速度観測の結果より、道路勾配、車種別に平均車両走行速度を示したものである。Table 3-2で示される値はほぼ自由に車両が走行できる状況下でのものと考えられ、交通量の増大とともに低下すると思われる。

現道の日平均交通量の予測値を年5%の増加率を仮定して1990～2010年に対してTable 3-3に示す。2000年の予測値はほぼその道路交通容量に等しくなっている。

3-2 プロジェクト対象地域の交通量OD解析

コロンビア全国の車両のOD解析結果は第2巻に40ゾーンのマトリックスとしてまとめられている。このOD表より、新道に関係するOD表がTable 3-4に再編されている。

ChaparralのODを有する交通を除くと、すべての交通量が現Bogota - Buenaventura道路のEspinal - Buga区間を通過している。この交通量のうち39台/日は新道建設が行なわれれば転換するものであり、その他の交通量は新道のサービス水準の如何によって転換率が変化する。

Table 3-2 Average Vehicle Operating Speed
(km/h) (1980)

Gradient (%) Vehicle Type	(km/h) (1980)				
	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
Passenger car	70	48	40	35	31
Bus	69	44	36	31	28
Truck	66	38	29	25	21
Semi-Trailer Truck	54	32	23	18	14

Table 3-1 Road Condition of Ibague-Calarca Route

Road Section	Average Gradient	Road Length (km)	TPD * (Veh./Day)	Capacity (Veh./Day)
Melgar-Girardot	1.8	25.8	4.864	11,000
Girardot-Espinal	1.2	18.3	5.568	11,600
Espinal-Mirolindo	2.0	48.0	4.804	10,700
Espinal Bypass-Mirolindo	2.0	51.8		10,700
Mirolindo-Ibague Bypass	2.6	5.5	8.088	37,000
Ibague Bypass-Coello	5.8	9.1	2.183	6,600
Coello-K 73	5.7	8.2	2.183	6,900
K 73-Cajamarca	5.5	16.7	2.183	8,700
Cajamarca-K 104.3	5.0	14.3	1.895	7,400
K 104.3-La Linea	8.2	9.2	1.895	5,100
La Linea-K 124.5	8.8	10.5	1.895	4,700
K 124.5-Calarca	7.4	11.1	1.895	5,600
Calarca-La Espanola	1.7	9.9	2.319	8,700
La Espanola-Sevilla	3.1	46.0	2.887	8,100
Sevilla-Uribe	3.8	29.2	2.095	7,400
Uribe-Buga	1.3	43.6	5.417	11,600
Espinal Bypass-Buga		265.1		

* Source; Traffic Volume Count at 1980 by MOPT.

Table 3-3 Road Capacity and Forecasted Traffic Volume (without Project)

Road Section	Vehicle Composition ¹⁾ (%)	Average Gradient(%)	Road Capacity (Veh/Day)	Traffic Volume Forecasted (Veh/Day)		
				1990	2000	2010
Esp. Bypass-Mirolindo	50, 11, 29, 10	2.0	10,700	7,830	12,750	20,760
Mirolindo-Ibague	62, 12, 20, 6	2.6	37,000	13,170	21,460	34,960
Ibague-Coello	38, 9, 33, 20	5.8	6,600	3,560	5,790	9,430
Coello-K 73	38, 9, 33, 20	5.7	6,900	3,560	5,790	9,430
K 73-Cajamarca	38, 9, 33, 20	5.5	8,700	3,560	5,790	9,430
Cajamarca-K 104.3	38, 9, 33, 20	5.0	7,400	3,090	5,030	8,190
K 104.3-La Linea	38, 9, 33, 20	8.2	5,100	3,090	5,030	8,190
La Linea-K 124.5	38, 9, 33, 20	8.8	4,700	3,090	5,030	8,190
K 124.5-Calarca	38, 9, 33, 20	7.4	5,600	3,090	5,030	8,190
Calarca-La Espanola	38, 9, 33, 20	1.7	8,700	3,780	6,150	10,020
La Espanola-Sevilla	47, 8, 27, 18	3.1	8,100	4,700	7,660	12,480
Sevilla-UrIBE	47, 8, 27, 18	3.8	7,400	3,410	5,560	9,050
Uribe-Buga	50, 10, 31, 9	1.3	11,600	8,820	14,370	23,410

Note: 1) Figures indicate the percentage of passenger car, bus, truck and semi-trailer truck respectively.

Table 3-4 O-D Table concerned with Melgar-Buga Route (1980)

	Chaparral	Buga	Sta.Lucia B/Aires	Cali	B/Ventura	Popayan
Bogota	45	33	(13)	451	126	12
Fusagasuga	7			6		
Tocaima	8	2		38	6	
Zipaguira				25		
Espinal				4		2
Guamo		(6)				
Natagaima				(2)		
Buga			(5)			
Tunja		42		23	5	7
Neiva		(4)		(9)		
Villa- Vicencio				6		

Note: The traffic volume in brackets will divert from existing Armenia-Ibague route to new route with Project. The rate of diversion of other traffic, excluding to Chaparral, depends on the service level of the new road.

第4章 新道に対する交通量子測

第4章 新道に対する交通量予測

4-1 手 法

新道上を走行する交通量は既存、転換、開発交通量の3分類で解析されている。

既存交通量は新道のルート上の現在の交通量であり、転換交通量は現 Ibague-Calarca ルートからの転換したものであり、開発交通量は新道完成後の道路沿いの地域の経済発展によって生じられるものである。

誘発交通量は新道建設による走行費用減が少ないこと、あるいは該当するODの交通量がわずかであること等の理由により無視している。

転換交通量の予測は現 Ibague-Calarca ルートと新道の交通量を考慮した車両走行速度解析の結果を利用して行なった。

開発交通量の予測は次の仮定の下に行なった。

- (1) 農業開発に対する可能地域は新道両側5 Km, 実際にはこの地域には他に道路がないため、影響はかなり広くなると考えられる。
- (2) 可能地域の26%が穀物生産に供され、他は牧草地あるいは休耕地とする。
- (3) 主要な穀物と耕作面積比を Table 4-1, Table 4-2 に示す。情報量の不足により、耕作面積比は穀物の生産性と単位面積当りの利益を考慮して重みづけして定めた。

Table 4-1 Tentative Selected Crops

Altitude (m, asl)	Selected Crops	
2000-3000	Potato Fruits	Maize Pasture
1000-2000	Coffee, Vegetable Sugar Cane	Sorghum Cassava Cacao Plantain
500-1000	Rice, Tropical Fruits	

Note: asl - above sea level

Table 4-2 Area for Selected Crops and Productivity

Selected crops	Cultivated Area (%)	Productivity (ton/ha)
Rice	10	4.0
Cacao	5	0.4
Plantain	15	9.5
Cassava	15	6.5
Sorghum	5	1.2
Sugar Cane	20	85.0
Coffee	15	0.6
Potato	5	6.5
Maize	10	2.5

- (4) トラックの平均積載重量は9.0 t/台
 (5) 農業開発は道路建設後5年以内に完了する。
 (6) したがって開発交通量は以下の如く求められる。

$$ADT (\text{台/日}) = (W_P - W_L) \cdot L_H / (W_C \cdot L \cdot C \cdot 365) \cdot \lambda / 5$$

ここで

- W_P ; 農業生産高
 W_L ; 地域内消費量
 L_H ; トラックの平均輸送距離
 W_C ; トラックの平均積載重量
 L ; 道路距離
 C ; トラックの混入率
 λ ; 新道建設後の経過年数

4-2 転換交通量

Table 4-3, 4-4 に新道, 現道の各区间に対する交通量予測を転換率を変えて示している。Table 4-3より判るように, 0%の転換率では現道の交通量はその交通容量を2010年では超過しているが, 100%転換率の場合では交通容量以内に納まっている。

Table 4-5はEspinal bypass から Buga まで現道と新道との車両走行時間の比較を示し

Table 4-3 Traffic Volume Forecasted on Existing Road

Road Section	Road Capacity	0% diverted			50% diverted			100% diverted		
		1990	2000	2010	1990	2000	2010	1990	2000	2010
Esp. Bypass - Mirolindo	10,700	7,770	12,650	20,590	7,120	11,600	18,890	6,480	10,560	17,190
	37,000	13,110	21,360	34,790	12,460	20,310	33,090	11,820	19,270	31,390
Ibague-Coello	6,600	3,500	5,690	9,260	2,850	4,640	7,560	2,210	3,600	5,860
Coello-K73	6,900	3,500	5,690	9,260	2,850	4,640	7,560	2,210	3,600	5,860
K73-Cajamarca	8,700	3,500	5,690	9,260	2,850	4,640	7,560	2,210	3,600	5,860
Cajamarca-K104.3	7,400	3,030	4,930	8,020	2,380	3,880	6,320	1,740	2,840	4,620
K104.3-La Linea	5,100	3,030	4,930	8,020	2,380	3,880	6,320	1,740	2,840	4,620
La Linea-K124.5	4,700	3,030	4,930	8,020	2,380	3,880	6,320	1,740	2,840	4,620
K124.5-Calarca	5,600	3,030	4,930	8,020	2,380	3,880	6,320	1,740	2,840	4,620
Calarca-La Espanola	8,700	3,720	6,050	9,850	3,070	5,000	8,150	2,430	3,960	6,450
La Espanola-Sevilla	8,100	4,640	7,560	12,310	3,990	6,510	10,610	3,350	5,470	8,910
Sevilla-Uribe	7,400	3,350	5,460	8,880	2,700	4,410	7,180	2,060	3,370	5,480
Uribe-Buga	11,600	8,760	14,270	23,240	4,110	13,220	21,540	7,470	12,180	19,840

Table 4-4 Traffic Volume Forecasted on New Road

Road Section	Road Capacity	0% Diversion			50% Diversion			100% Diversion		
		1990	2000	2010	1990	2000	2010	1990	2000	2010
Km 133-Espinal	11,600	3,950	6,440	10,490	4,600	7,490	12,206	5,240	8,530	13,900
Espinal-Guamo	11,600	9,520	9,520	15,500	6,480	10,560	17,210	7,130	11,610	18,910
Guamo-Castilla	11,600	4,520	7,360	11,990	5,160	8,410	13,700	5,800	9,450	15,400
Castilla-Coyaima	8,200	570	1,040	1,690	1,210	2,090	3,400	1,850	3,130	5,100
Coyaima-Chaparral	7,600	370	730	1,180	1,010	1,770	2,880	1,660	2,820	4,590
Chaparral-Km 66	6,700	90	260	420	730	1,310	2,120	1,370	2,350	3,820
Km 66-Hermozas	6,200	90	260	420	730	1,310	2,120	1,370	2,350	3,820
Hermozas-Km 105	4,600	90	260	420	730	1,310	2,120	1,370	2,350	3,820
Km 105-Km 120	4,400	90	260	420	730	1,310	2,120	1,370	2,350	3,820
Km 120-Sta. Lucia	4,800	90	260	420	730	1,310	2,120	1,370	2,350	3,820
Sta. Lucia-Km 149	4,600	70	240	380	710	1,280	2,090	1,360	2,330	3,790
Km 149-Nogales	5,100	70	240	380	710	1,280	2,090	1,360	2,330	3,790
Nogales-D.Dilluvio	5,500	70	240	380	710	1,280	2,090	1,360	2,330	3,790
D.Dilluvio-Buga	5,800	70	240	380	710	1,280	2,090	1,360	2,330	3,790

Table 4-5 Comparison of Trip Time

Km 133 to Buga (hours)

Vehicle Type		Year		
		1990	2000	2010
Existing Road	Passenger Car	(6.14) 5.76	(6.75) 6.27	(7.57) 6.99
	Bus	(6.53) 6.19	(7.10) 6.62	(7.68) 7.24
	Truck	(7.47) 7.29	(7.71) 7.50	(7.95) 7.74
	Trailer	(9.15) 9.14	(9.26) 9.26	(9.69) 9.41
New Road	Passenger Car	(5.61) 5.61	(5.65) 5.81	(5.67) 6.28
	Bus	(5.99) 5.99	(6.03) 6.15	(6.05) 6.65
	Truck	(7.08) 7.08	(7.09) 7.10	(7.11) 7.30
	Trailer	(9.01) 9.01	(9.05) 9.06	(9.07) 9.08

Note: Diversion rate 100 percent.

Trip time is net running hours of vehicles
excluding rest time or other.

The figures in brackets are the value of 50
percent of the diversion rate.

Table 4-6 Average Vehicle Speed without Project

Road Section	1990				2000				2010			
	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck
	Esp. Bypass - Mirolindo	55	54	51	43	52	52	50	41	50	50	49
Mirolindo-Ibague	52	49	44	36	52	49	44	36	49	47	42	34
Ibague-Coello	32	30	26	22	27	27	25	21	25	25	24	21
Coello-K 73	32	30	26	22	27	27	25	21	25	25	24	21
K 73-Cajamarca	35	31	27	22	30	28	26	22	26	26	25	21
Cajamarca-K 104.3	36	34	28	23	33	31	27	23	28	28	26	22
K 104.3-La Linea	27	25	22	16	23	22	21	15	20	20	20	15
La Linea-K 124.5	25	24	20	14	21	20	19	13	18	18	18	13
K 124.5-Calarca	29	26	23	17	24	23	22	16	21	21	21	16
Calarca-La Espanola	58	57	55	46	55	53	53	46	51	51	51	44
La Espanola-Sevilla	45	41	36	31	39	37	35	29	36	35	34	29
Sevilla-Uribe	40	39	32	28	37	35	31	28	33	32	30	27
Uribe-Buga	63	63	61	51	61	61	60	48	59	59	59	46

たものであり、100%転換率を仮定した場合、新道の走行時間はすべての車両について現道より少なくなっていることを示している。しかしその差異はわずかなものである。

新道への交通の転換率は走行時間、走行経費、あるいは道路サービス施設等の条件によって変化する。2本のルートが同一条件であれば、転換率は0.5になるはずである。

本ケースでは新道の方が走行経費とも少ないが、道路沿いのサービス施設は人口密度より考えても、現道より劣ることは予想される。

したがって、新道への転換率を100%とすることはうたがわしいが、50%をはるかに超え、100%に近い値であることは確かであろう。よって以下の解析では100%の転換率を用いることにした。

4-3 開発交通量

農業開発適地面積は以下のごとく計算される。

$$A = (152.5 + 54.0 \times \frac{1}{2}) \times 10 \times 100 \times 0.26 = 46,670 \text{ } \mu\text{a}$$

152.5 Km ; Chaparral - Buga 間距離

54.0 Km ; Castilla - Chaparral 間距離

この農地の生産力をTable 4-2より20.545 ton/ μa とする。地域内消費量を全生産高の10%と仮定すれば、開発交通量は以下のごとくとなる。

$$\begin{aligned} \text{ADT (台/日)} &= 0.9 \times 20.544 \times 46,670 / (4 \times 9.0 \times 0.5 \times 365) \\ &= 131 \end{aligned}$$

この交通量は新道完成後5年で生起されるものとし、以後年5%の率で増加する。

1991年 ; 26台/日

2000年 ; 167 "

2010年 ; 272 "

4-4 既存交通量

新道の既存交通量はEspinal bypassからChaparralまでの区間に限定される。Table 4-9は新道ルートの各区間における1980年の交通量を示している。この交通量の成長率は年5%を仮定した。

Table 4-7 Average Vehicle Speed on Existing Road (100% Diversion)

(Km/h)

Road Section	1990					2000					2010					
	Pass. Car	Bus	L.Truck	H.Truck	Pass. Car	Bus	L.Truck	H.Truck	Pass. Car	Bus	L.Truck	H.Truck	Pass. Car	Bus	L.Truck	H.Truck
	Esp. Bypass - Mirolindo	56	55	51	43	52	52	50	41	50	50	49	40	50	50	49
Mirolindo-Ibague	52	49	44	36	52	49	44	36	52	49	44	36	52	49	44	36
Ibague-Coello	38	34	27	22	35	32	26	22	30	28	25	22	30	28	25	22
Coello-K 73	38	34	27	22	35	32	26	22	30	28	25	22	30	28	25	22
K 73-Cajamarca	39	35	28	22	35	31	27	22	30	28	26	22	30	28	26	22
Cajamarca-K 104.3	40	36	29	23	37	34	29	23	32	31	28	23	32	31	28	23
K 104.3-La Linea	33	29	23	16	27	25	22	16	23	22	21	16	23	22	21	16
La Linea-K 124.5	31	28	21	14	25	24	20	14	21	21	19	14	21	21	19	14
K 124.5-Calarca	34	30	24	17	29	27	23	17	25	24	22	17	25	24	22	17
Colarca-La Espanola	62	60	56	46	58	57	55	46	54	53	53	46	54	53	53	46
La Espanola-Sevilla	47	43	37	31	45	41	36	31	39	37	35	29	39	37	35	29
Sevilla-Urbe	42	40	33	28	40	39	32	28	37	35	31	28	37	35	31	28
Urbe-Buga	65	63	61	51	62	61	60	48	59	59	59	47	59	59	59	47

Table 4-8 Average Vehicle Speed on New Road (100% Diversion) (Km/h)

Road Section	1990				2000				2010			
	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck	Pass. Car	Bus	L. Truck	H. Truck
	Km 133-Espinal	66	65	63	51	63	62	62	62	60	60	60
Espinal-Guamo	68	66	65	54	64	64	64	51	62	62	62	50
Guamo-Castilla	68	67	65	54	65	65	64	54	63	63	63	50
Castilla-Coyaima	74	74	69	59	74	74	69	59	71	71	68	59
Coyaima-Chaparral	59	54	51	41	59	54	61	41	55	53	51	41
Chaparral-Km 66.75	45	42	35	29	45	42	35	29	43	39	35	29
Km 66.75 - Hermozas	43	41	34	28	43	41	34	28	41	37	33	28
Hermozas-Km 105.75	37	34	27	21	34	32	27	21	31	29	26	21
Km 105.75 - Km 120.25	36	33	26	20	32	31	26	20	28	28	25	20
Km 120.25-Sta.Lucia	38	35	28	22	35	33	28	22	32	30	27	22
Sta.Lucia-Km 149	34	31	24	17	30	28	24	17	26	25	23	17
Km 149 - Nogales	36	33	26	20	36	33	26	20	32	29	25	20
Nogales-D.Dilluvio	38	35	29	22	38	35	29	22	35	32	28	22
D.Dilluvio-Buga	38	35	29	22	38	35	29	22	35	32	28	22

Table 4-9 Road Condition of Chaparral Route

Road Section	Average Gradient (%)	Road Length (km)	TPD * (Veh. /Day)	Capacity (Veh. /Day)
Mergal - Girardot	1.8	25.8	4.864	11,000
Girardot - Espinal	1.2	18.3	5.568	11,600
Km 133 - Espinal	1.2	10.3		11,600
Espinal - Guamo	1.0	16.4	3.548	11,600
Guamo - Castilla	1.0	26.1	2.736	11,600
Castilla - Coyaima	0.5	17.0	290	8,200
Coyaima - Chaparral	2.0	37.0	171	7,600
Chaparral - Km 66.75	3.6	12.75	-	6,700
Km 66.75 - Hermozas	3.8	25.75	-	6,200
Hermozas - Km 105.75	5.9	13.25	-	4,600
Km 105.75 - Km 120.25	6.6	14.5	-	4,400
Km 120.25 - Sta.Lucia	5.6	20.75	-	4,800
Sta.Lucia - Km 150.0	7.5	9.0	-	4,600
Km 150.0 - Nogales	6.5	9.0	-	5,100
Nogales - Dep.Dilluvio	5.4	16.2	-	5,500
Dep.Dilluvio - Buga	5.4	32.3	-	5,800
Km 133 - Buga		260.3		

* Source; Traffic Volume Count by MOPT at 1980

第5章 対象地域の現況

第5章 対象地域の現況

5-1 概況

既存の Melgar - Buga 道路は、コロンビアで太平洋に面している唯一の貿易港である Buenaventura 港を起点として、国際貿易の内陸輸送に貢献している Bogota - Buenaventura 道路の中で、中央山脈を横断する唯一の道路である。

この道路は、アスファルトコンクリートで舗装されている2車線道路である。

しかしながら、既存の道路は、Ibague - Calarca 間で物理的に2つの問題を抱えている。一つは数多くの急カーブと共に数多くの急勾配のある線形上の不利であり、他は、各地で落石や斜面崩壊が頻繁に発生していることである。後者は時々長い期間にわたって、道路を閉鎖させ、車両に Honda (オンド) 経由の迂回を余儀なくさせることがある。

MOP T は、Melgar と Buga を直接結ぶもう一本の道路を、既存の Melgar - Buga 道路の補完道路として、また、開発の遅れた地域の開発道路として役立つように建設することの可能性を追求して来た。

対象地域は巾約 130 Km で標高 300 ~ 350 m の Rio Magdalena の沖積平野にある Bogota - Neiva 道路上の Espinal, Guamo, Castilla の町と、標高 950 - 980 m の Rio Cauca の沖積平野にある Cartago - Cali 道路上の Tulua, Buga の町に東西方向に囲まれている。そして、既存の Melgar - Buga 道路の Ibague - Calarca 間の南へ 30 ~ 80 Km にある。対象地域の中央部には、約 90 Km の巾で中央山脈が最も低い鞍部の標高 3650 m を持って南北方向に走っている。

人口と道路網は対象地域では地形の制約のために稀薄である。1979年までに I G A C が所有していた対象地域をカバーする 1 / 25,000 の地形図は広範囲にわたる空白部が多く存在していた。新道建設の重要性を十分に認識して I G A C は新道の線形沿いに航空写真の撮影の努力を払い、2年間のスタンバイの末に 1980年にほぼ成功した。

5-2 道路条件

Fig 5 - 1 に示すように対象地域の道路網は2つの地域に分かれる。一つは、Rio Magdalena 沖積平野のある東部であり、あと一つは、Rio Cauca 沖積平野のある西部である。東部と西部を結ぶのは、小道だけであり、中央山脈の鞍部のいくつかを横切っている。人々はラバに乗ってこの小道を通る。

5-2-1 東部の道路

東部ではアスファルトコンクリートで舗装されているのは、Bogota - Neiva 道路だけである。他は砂利道である。主要道路は下記のとおりである。

1. Bogota - Neiva 道路の Espinal - Guamo - Saldana - Castilla

PROJECT AREA

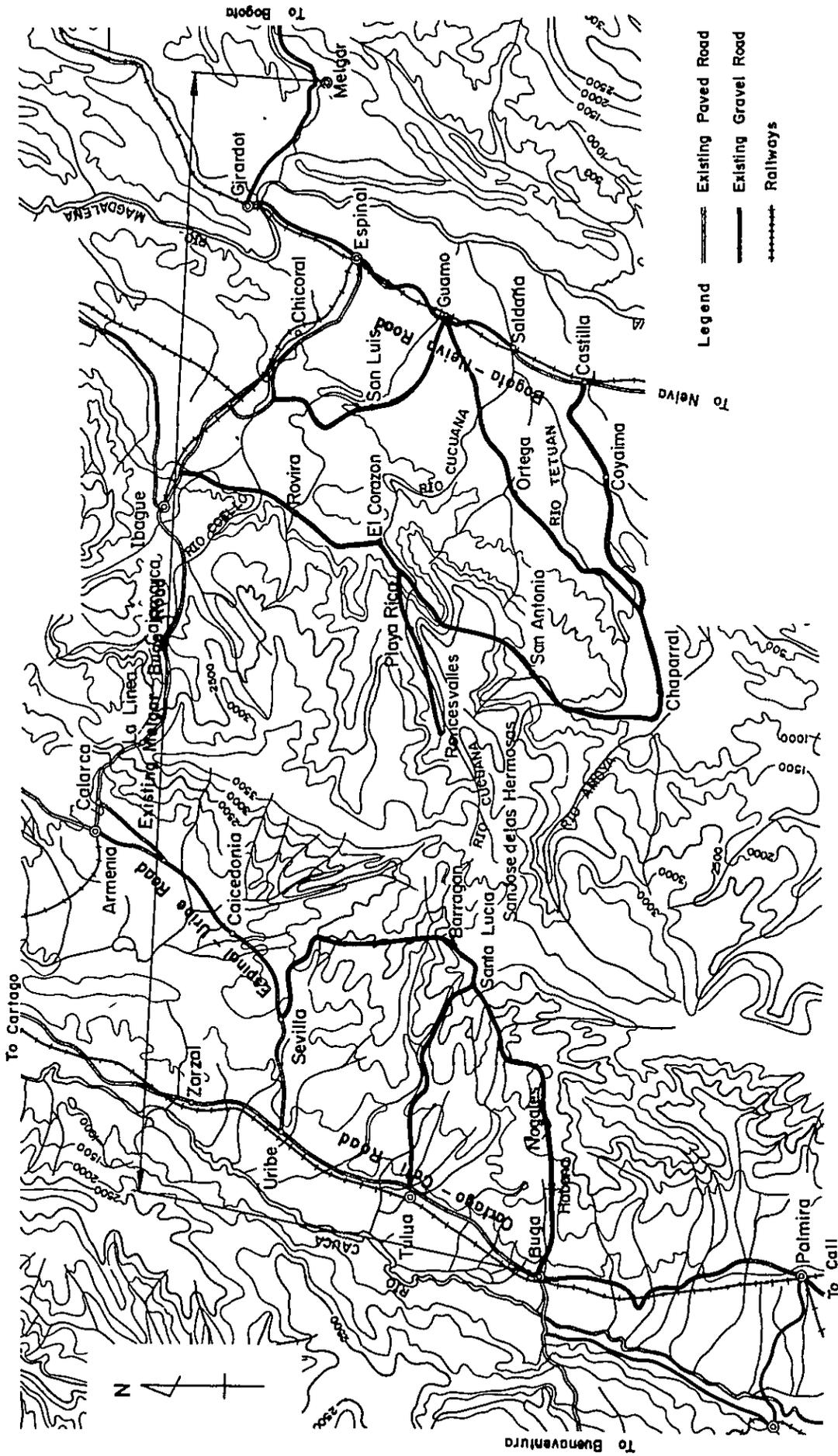


Fig. 5-1 Existing Road Network in the Project Area

この区間は平坦な地形を通るので、線形は良い。

道路は両側に2 mのソフトショルダーを持つ7 m巾の舗装道路である。

2. El Corazon - Roncesvalles (40Km)

この区間は、延長120 KmのIbague - Roncesvalles 道路の一部である。

この道路は、Rio Cauca 沿いに走るが、いくつかの区間で、地形的制約のために線形が悪い。道路巾員は道路沿いの地形によって変化している。

3. Guamo - Ortega - Chaparral (70Km)

この道路は約5 m巾員で線形は良くない。

4. Castilla - Coyaima - Chaparral (57Km)

この区間の多くは平地を通り線形もよい。しかし、山地部では線形は良くない。道路は約7 m巾員である。

5 - 2 - 2 西部の道路

西部においてはCartago - Cali 道路だけがアスファルトコンクリートで舗装されている。他の道路は砂利道である。主要道路は下記のとおりである。

1. Cartago - Cali 道路上の Tulua - Buga 間 (22Km)

この区間は平地を通るので、線形は良い。

道路は7.2 mの巾で舗装されていて両側にソフトショルダー2 mを備えている。

2. Tulua - Santa Lucia (68Km)

1車線道路が山地を通っている。線形は良くない。

3. Barragan - Santa Lucia (20Km)

地形はなだらかで線形はまずまずである。道路は約7 mの巾である。

4. Santa Lucia - Buga (70Km)

一車線道路がLa Habana - Buga間の平地の区間を除く山地の区間の大部分を通っている。山地部では線形は良くない。

5 - 2 - 3 橋

東部においては降雨量の多さと集水面積の大きさを反映して、Rio Cucuana, Rio Tetuan, Rio Saldana, Rio Amoyaを横断する長大橋がいくつかある。

上記の橋梁を除くと、40 mを超える長大橋は山地部には見られない。

5 - 2 - 4 道路付帯施設

交通安全施設も交通管理施設も対象地域の道路にはない。

5-3 地質判読現況

5-3-1 写真判読項目

San Luis 西方～Buga 間の山岳地域に対して、最近時撮影の空中写真を用いて、下記の項目の写真判読を行った。空中写真は、縮尺 1/30,000 の写真で、部分的に、縮尺約 1/10,000 の写真を用いた。

結果は次の区分を用いて第 5 巻にまとめられている。

- イ) 地すべり地；地すべりの滑動方向
- ロ) リニエーション
- ハ) 崩壊地
- ニ) 崖錐・土石流堆
- ホ) 河岸段丘
- ヘ) 氷河地形（湿地・氷堆石）
- ト) 地質（岩相）区分

5-3-2 地質概略

本調査地の中央には、標高 3750 m に達する脊陵山脈が東北から南西の方向へ走っている。この中央山脈を分水嶺として、東側に Cucuana 川・Amoya 川、西側に Bugalagrande 川・Tulua 川が流下している。

Cucuana 川・Bugalagrande 川の源頭部（Roncesvalles 北ルート）等では、標高 3500 m を越す高山部に数多くの氷河地形が認められる。氷河地形としては、U 字型の谷が形成されており、現在、氷堆石の上方は、池または泥湿地となっている。

地質（岩相）については、空中写真判読と既往地質調査資料をもとに岩相の区分を行った。本調査地域の地質区分は Fig 5-2 に示したとおりである。

地質、地すべり、崩壊等の状況を各ルートごとに下記 1)～3) にまとめる。

1) 北側ルート（Roncesvalles）

地質は、Roncesvalles 付近より東側に花崗閃緑岩が分布し、Roncesvalles 付近から中央山脈方面にかけては、第四紀の火山性堆積物が花崗閃緑岩を広くおおっている。中央山脈には、古成層の結晶片岩が高山部を形成し、西側に白亜紀の黑色片岩（頁岩）が分布しており、Barragan 付近には広く第四紀の火山性堆積物（シラス）がおおっている。

地すべり地は Cucuana 川の河岸山腹に多く、Cucuana 川北側に見られる標高約 2400 m を越す低平坦面（起伏が少い山腹）には、地すべり、崩壊等がほとんど認められない。

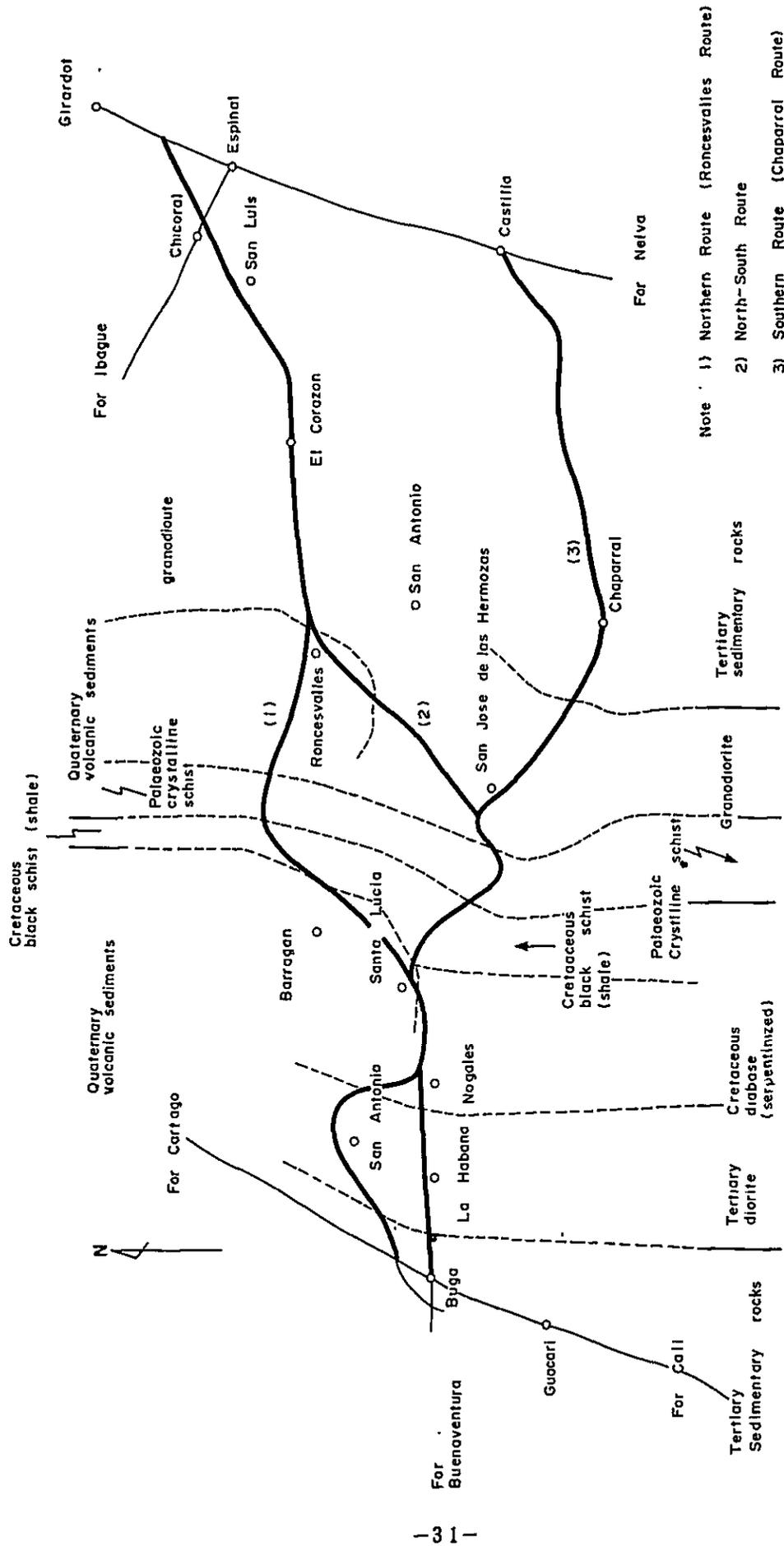


Fig 5-2 Simplified geological map

火山性堆積物がおおっている Roncesvalles 付近では、大規模な地すべり地は少ないが、Cucua 川河岸の斜面には、小規模な地すべり地が点在している。地すべり地が小規模な為、計画道路ルート¹の修正は比較的容易と考えられる。

Roncesvalles 北ルート²の中央山脈地帯では、地すべり地は、少ないが氷河によって形成された地形が残っており、U字谷、カール等が数多く分布している。中でも氷堆石（モレーン）の後方および、U字型の低部には池または湿地（泥湿地）が認められ、道路建設時には、軟弱地盤となっている湿地部を避けるか、地盤改良、排水を行う等の考慮が必要である。

2) 南・北ルート

Roncesvalles より Chaparral ルートとの合流点までの地質は、花崗閃緑岩が基盤で、Roncesvalles 付近は第四紀の火山性堆積物でおおわれている。

火山堆積物でおおわれている Roncesvalles 付近では、Cucua 川河岸に小規模な地すべり地が数ヶ所認められるが、ルートを河岸より少しでも高い位置に移せば安全と考えられる。

Chaparral ルートに近い Amoya 川流域³に入ってから⁴のルートは、花崗閃緑岩の急傾斜の山腹となり、大規模崩壊が発生しており、ルート設計には十分な配慮を要する。

3) 南ルート（Chaparral ルート）

Chaparral の西方は第三紀の堆積岩が、また中央山脈の東側には花崗閃緑岩が分布している。高山部においては古成層の結晶片岩が見られる。Tulua 川にそって山脈の西側に白亜紀黒色片岩（頁岩）、輝緑岩および第3紀閃緑岩が分布している。

Chaparral 近辺には大規模の地すべり帯があり、Amoya 川沿いに地すべり、崩壊箇所が数ヶ所見受けられ、その様な場所においては高山部に花崗閃緑岩が分布している。

氷河地形が北ルートと同様に見受けられ、U字谷の底やモレーンの後方に池または湿地がある。

Sta. Lucia と Nogales の間、Tulua 川にそった地域には、地すべり地域より多く斜面の崩壊が生じており、この部分では白亜紀黒色片岩（頁岩）と輝緑岩が分布している。

Nogales と San Antonio 間の Tulua 川沿いでは、本流と支川との交点部において土石流の堆積が見られ、この様な地点では道路設計において土石流に対する配慮が必要である。

LEGEND

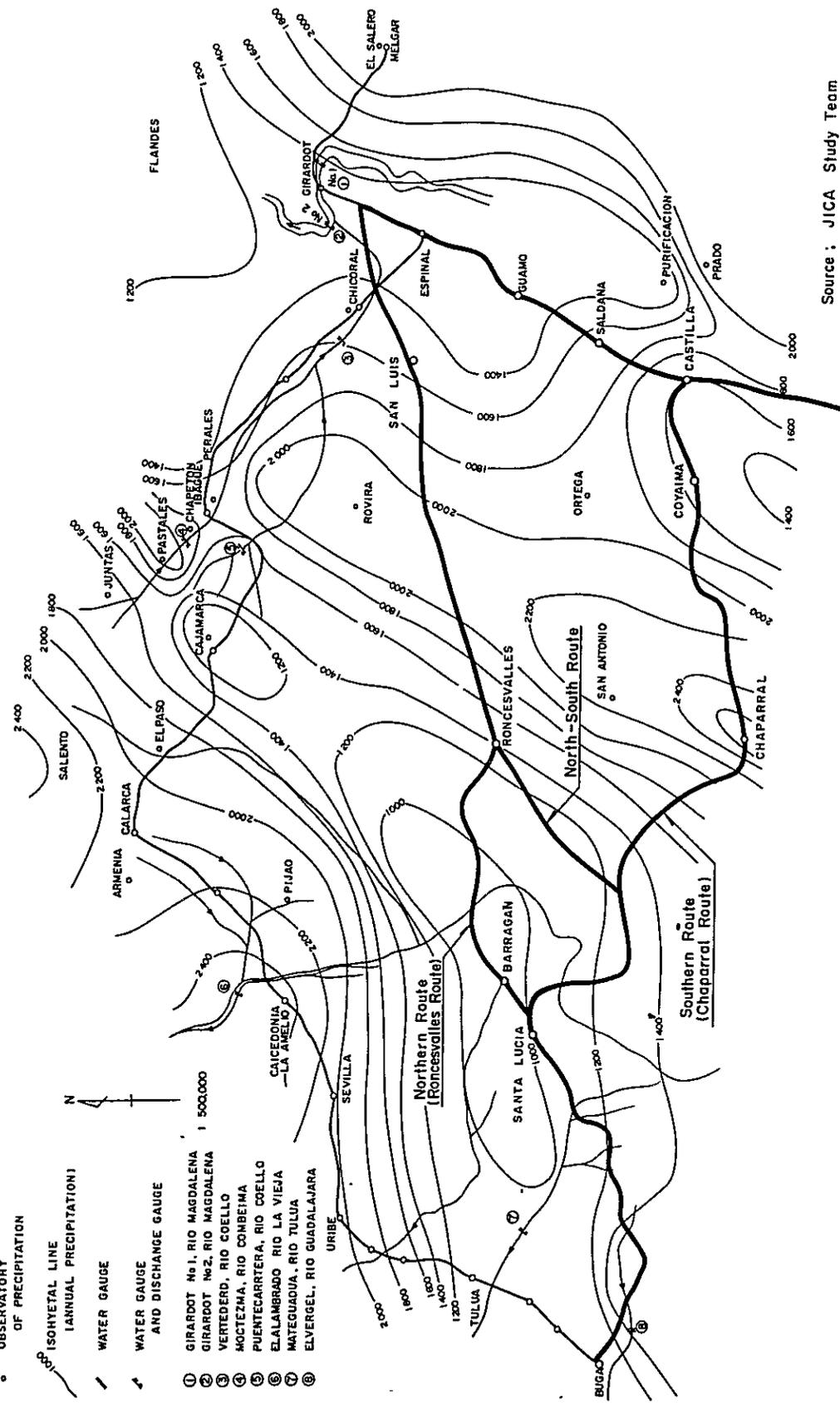
○ OBSERVATORY OF PRECIPITATION

— ISOHYETAL LINE (ANNUAL PRECIPITATION)

— WATER GAUGE

— WATER GAUGE AND DISCHARGE GAUGE

- ① GIRARDOOT No. 1, RIO MAGDALENA
- ② GIRARDOOT No. 2, RIO MAGDALENA
- ③ VERTEDERO, RIO COELLO
- ④ MOCTEZMA, RIO COBREIMA
- ⑤ PUENTECARRTERA, RIO COELLO
- ⑥ EL ALAMBRADO, RIO LA VIEJA
- ⑦ MATEGUADUA, RIO TULUA
- ⑧ ELVERGEL, RIO GUADALAJARA



Source : JICA Study Team

Fig. 5-3 ISOHYETAL MAP

5-4 水文調査

雨量資料は、Fig5-2に示すものが入手できた。降雨量は、対象地域では、1000～2600mmに変化する。降雨量は、西部より東部の方が多い。

時間雨量は入手できなかった。したがって代替ルート沿いの構造物のタイプを決定するために次の仮定を設けた。

- (1) 降雨強度は50年確率で75mm/hrである。
- (2) 到達時間は1時間である。
- (3) 流出係数は平均0.85である。

5-5 土質, 材料調査

5-5-1 土 質

土質調査は実施していないが、土質条件は氷河の動きについて形成された湿地帯を除いては良いと考えられる。

5-5-2 橋梁の基礎地盤

橋梁の基礎地盤の調査は実施していないが、支持層は地表面から浅い深さにあって、基礎形式を直接基礎と見なすことができると推定される。

5-5-3 骨 材

対象地域には多くの潜在的な採石場があって建設計画を固難にすることは全くないということとは明白である。

第6章 航空測量

第6章 航空測量

6-1 当初の計画

調査対象地区は、コロンビアの国家測量機関である I G A C が作成した 1/25,000 地形図によってほぼ覆われているが、天候障害による一部未撮影地区に関しては、地形図が空白のままである。

このため、当初

- (1) 新道計画地域の内の Roncesvalles - Buga 間の地形図空白部分を新規撮影によって充填する。
- (2) Ibague - Calarca 間既存道路区間の新規撮影を行う。
- (3) 新道比較路線沿いの 1/5,000 地形図を作成することであった。

6-2 測量の実施

(1) 第一次 (1979年6月～1980年3月)

1) 新道部分

コロンビアの航空測量会社である S A D E C 社に依頼して撮影を行ったが、空白部の主要部分を埋めるには至らなかった。このため、あらためて I G A C に撮影を依頼し、常時撮影の機を窺うと共に、撮影完了と共に直ちに地形図作成が行なえるように、Buga - Roncesvalles - Chaparral 間の測量を行った。しかし、撮影は成功しなかった。

2) 現道部分

予備測量を実施した。

(2) 第二次 (1980年6月～1980年7月)

第2次も引き続き I G A C に撮影を依頼すると共に、Ibague - Armenia 間の既存道路に関する測量資料の収集と既存の 1/25,000 地形図の一部空白部の測量を行った。

帰国後、これらの資料によって、M O P T 所有の 1/2,000 地形図に続く Cajamarca - Armenia 間の 1/5,000 地形図を作成した。

(3) 第三次 (1980年8月～1981年3月)

一部を除く空白部の大半が、この次に完了し、この航空写真と第一次の測量結果、および収集資料に基づいて新道計画地域の 1/25,000 空白部の図化を行った。

Fig6-1 に調査団によって図化がなされた地域を示した。

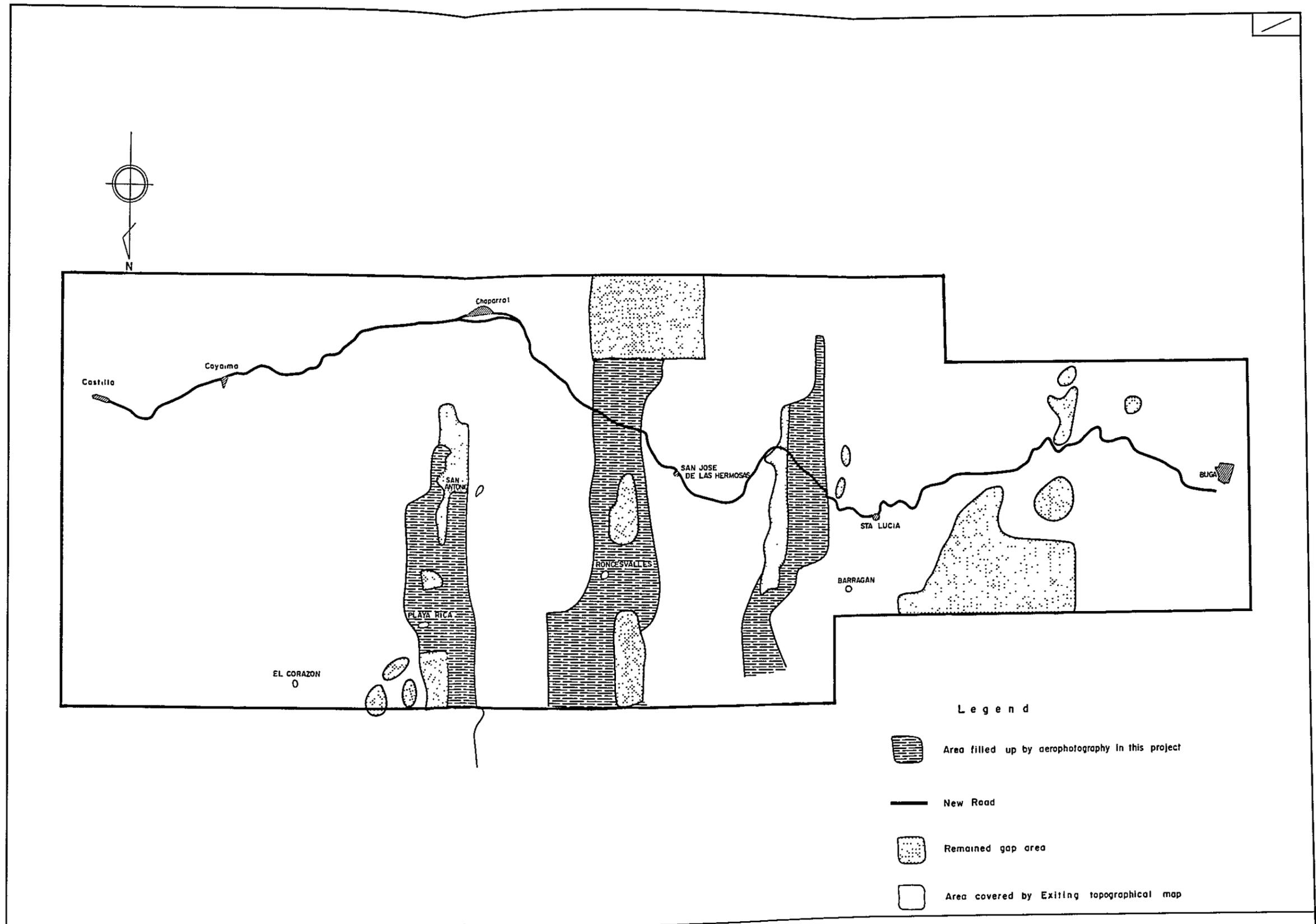


Fig. 6-1 The Area of Topographical Map Newly Filled Up by Aerophotography

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100



第7章

代替ルート設計とベストルートの選択

第7章 代替ルートとの設計とベストルートとの選択

7-1 概 要

第5章で述べたように対象地域は、主として急峻な山地で覆われている。したがって新道建設に現在のコロンビアの幾何構造基準が適用されると高価な投資となる。建設費をできるだけ節減するために、特に道路の横断面はJICA調査団とMOP Tの小委員会の間で双方に合意¹⁾した出典により決定されている。

既存のMelgar-Buga道路の全体的な回廊上の新道について3本の代替ルートが選択された。これは、この章の7-3に記されている。

3本の代替案の交通量は1991年に1,370台/日、プロジェクトライフの最終年の2010年には3,820台/日である。代替案の交通量は、ほぼ同じである。交通に関する詳細は第4章に述べられている。

代替ルートの設計は、本章の7-4に記されている。ベストルートとの選択は、7-5に述べられている。

7-2 代替ルートの設計基準

7-2-1 幾何構造設計基準

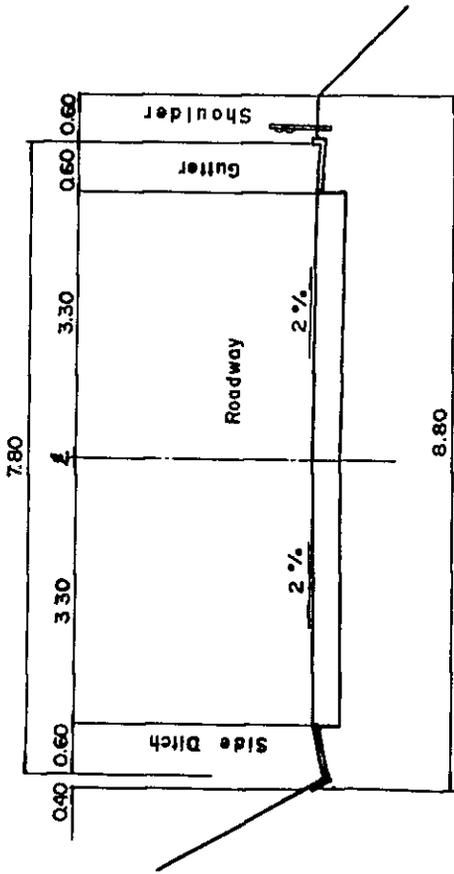
1970年にAASHTOの仕様書にしたがって設定されたコロンビアの幾何構造設計基準は、山地部の道路に適用するには、ぜいたくにすぎるようである。したがって新道に適用される幾何構造設計基準はTable 7-1に示すとおりである。標準横断面図は新道に関してFig 7-1に示すとおりである。標準横断面図の決定の手順はAnnex 7-1に記している。

7-2-2 構造物の設計基準

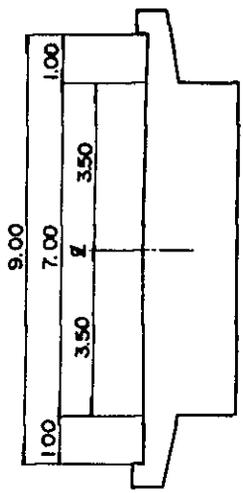
Volume 1の第7章の7-3に示すように230 kg/m²の死荷重、HS-20と同等のTL-20の活荷重が採用された。

7-2-3 舗装の設計基準

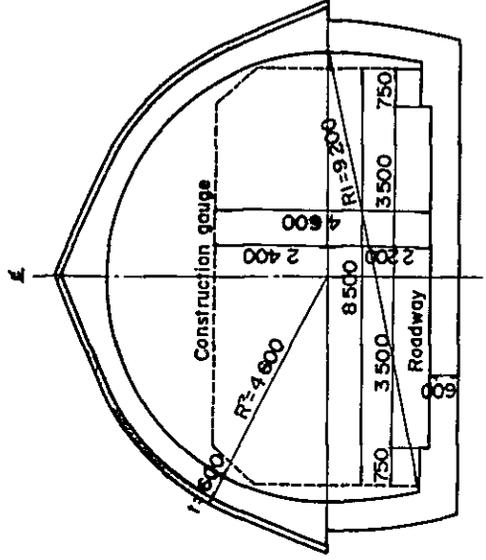
Volume 1の第6章の6-3に記されているように、アメリカのAsphalt Instituteから発行されている仕様書²⁾が使われた。



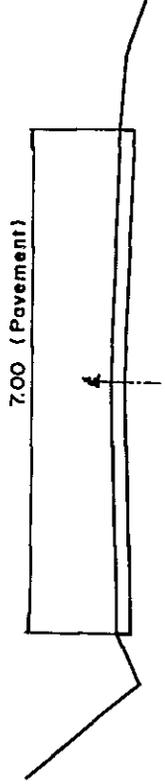
Typical Cross Section of Earth Work for New Road Construction



Typical Cross Section of Structures for New Road Construction



Typical Cross Section of Tunnels for New Road Construction



Typical Cross Section for Gravel Road Improvement

Fig. 7 - 1 Typical Cross Sections

Table 7-1 Geometric Design Criteria

Section	Design Speed (km/h)	Width (m)		Gradient max. (%)	Superelevation max. (%)	Horizontal Curve Radius (min. m)	Sight Distance
		Roadway	Shoulder				
New Construction	30	2 x 3.30	0	8	10	25	30
Gravel Road Improvement	30	2 x 3.50	0	8	10	25	30
Existing Paved Road	80	2 x 3.50	2.00	4	10	250	420

Note : The geometric structure is not improved in the sections of the gravel road of the existing paved road section.

Table 7-2 Slope Protection Method.

Cut Slope		I t e m					Rock Classification
		Vertical : Horizontal	Cutting Method	Classification	Erosion Control	Remarks	
1 : 1.0	Bulldozer	Unconsolidated Earth	Seed applied by spray.	—			
1 : 0.6	Ripper	Soft Rock	Seed applied by spray.	—			
1 : 0.3	Blasting	Hard Rock	Not applicable.	Diabase, porphyrite and green schist resistant to weathering.	B		
			Concrete applied by spray.	Granodiorite, Black Schist and Amphyborite not resistant to weathering.	A,C		

7-2-4 斜面崩壊対策

航空写真判読による地質調査の結果地すべりや崩壊地形が明らかになった。地すべりの対策は抑制工法が提案されている。地すべり地帯を除く地域では斜面を Table 7-2 の手順で保護することにした。

7-3 代替ルート設計

7-3-1 代替ルートのペーパーロケーション

既存の Melgar-Buga 道路の回廊全体にわたっては新道についての3本の大きな代替ルートは Fig 7-2 に示すように選択され、簡単な縦断図が Fig 7-3 に示されている。

起点は Bogata-Neiva 道路が Girardot-Espinal バイパスと交差する Km 133 であり、終点は Cartago-Cali 道路の Buga バイパスが始まる Km 109.3 である。ペーパーロケーションの方針は次のとおりである。

- a) 建設費を低減するために線形はできるだけ等高線に沿わせる。
- b) 構造物の延長は、できるだけ短かくする。
- c) 設計速度 30 km/h に適合するように最小曲線半径は 25 m, 最急縦断勾配は 8% とする。
- d) 航空写真による地質調査で明らかになった湿地帯は避けるように慎重に配慮する。

代替ルート毎の地山勾配別距離は Table 7-3 に示す。

代替ルート毎の縦断勾配別の距離は Table 7-4 に示す。

(1) 北側ルート(Roncesvalles)

このルートは、延長 14.8 km の Espinal バイパスの線形沿いに走る。新道の区間は Espinal バイパスが終る Chicoral から始まる。

このルートは3回アップダウンを繰り返して Buga に至る。最高標高の地点は、中央山脈の鞍部の Yerbabuena, Santa Lucia, 中央山脈の支脈の鞍部の Dilluvio である。

主要な通過地点は、Chicoral, San Luis, El Corazon, Playa Rica, Roncesvalles, Yerbabuena, Santa Lucia, Nogales である。

このルートは東部で El Corazon から Yerbabuena まで主に Rio Cucuana 沿いに走る。このルートは、Roncesvalles を通過する標準的なルートである。

このルートは2番目に短かいが、建設費も2番目に高い。

(2) 南北ルート

このルートは Roncesvalles ルートの Roncesvalles で分岐して、Chaparral ルートの San Jose de las Hermozas で合流する。

PROJECT AREA

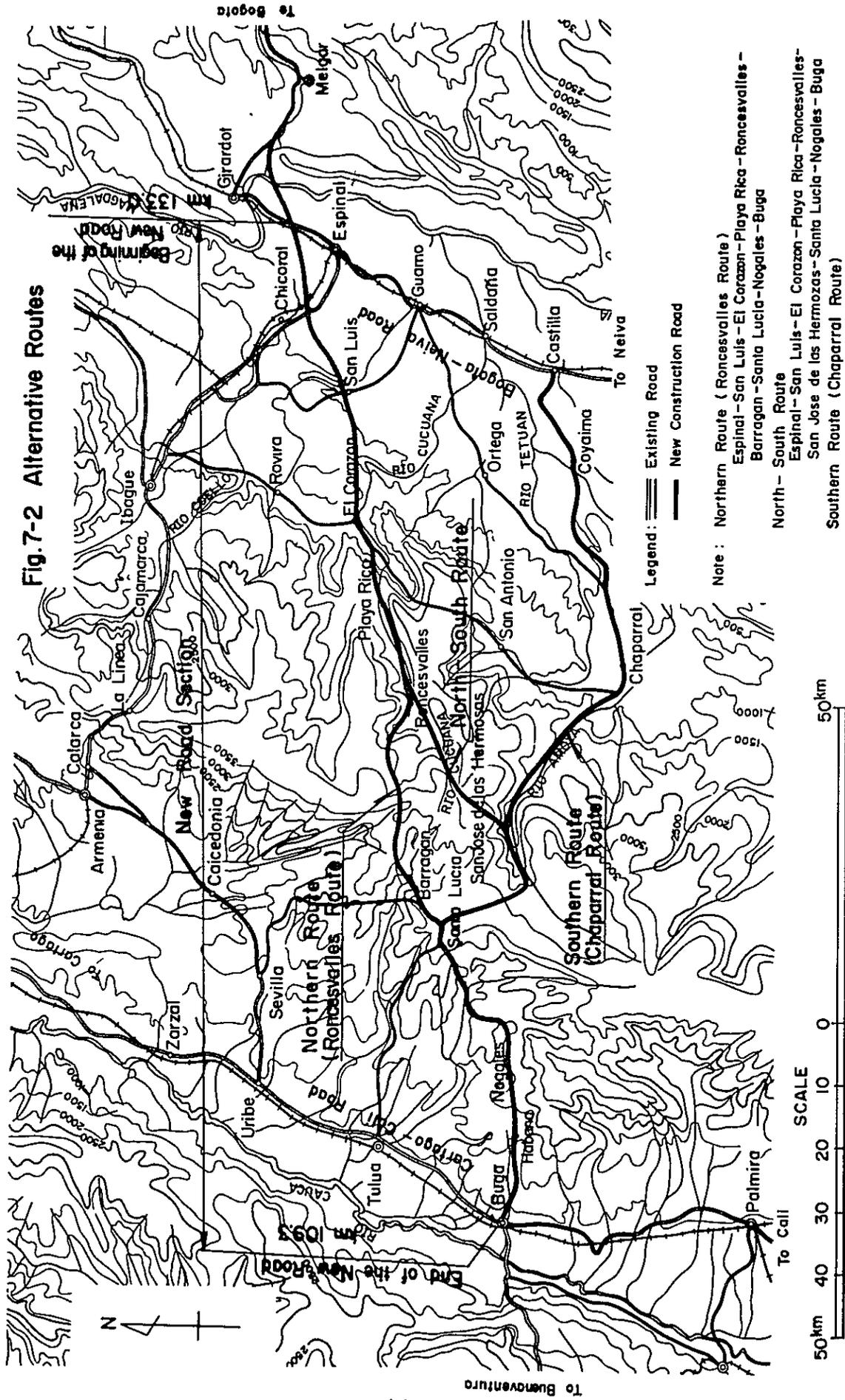


Fig. 7-2 Alternative Routes

Legend:
 Existing Road
 New Construction Road

Note:
 Northern Route (Roncesvalles Route)
 Espinal - San Luis - El Corazon - Playa Rica - Roncesvalles - Barragan - Santa Lucia - Nogales - Buga
 North - South Route
 Espinal - San Luis - El Corazon - Playa Rica - Roncesvalles - San Jose de las Hermosas - Santa Lucia - Nogales - Buga
 Southern Route (Chaparral Route)
 Espinal - Guamo - Saldana - Castilla - Coyaima - Chaparral - San Jose de las Hermosas - Santa Lucia - Nogales - Buga

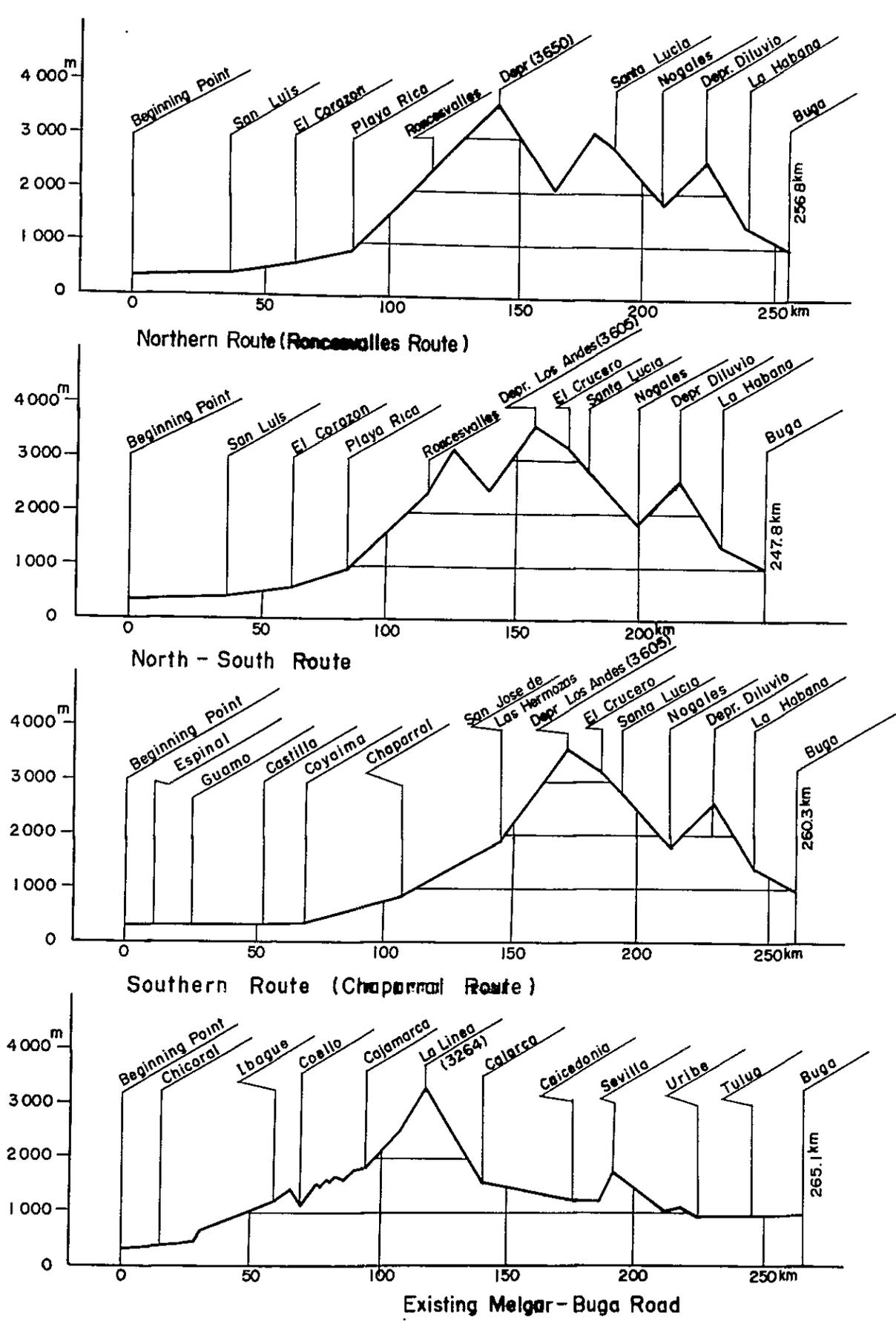


Fig. 7-3 Profiles of Alternative Routes Scale H=1:2,000,000
 V=1: 100,000

Table- 7-3 The Natural Ground Slope Distribution by Alternative Route

Route	Distance (km)						Sub-total	Gravel Road Improvement	Tunnel	Total	Existing Road without Improvement	Grand Total
	0° 15°	15° 25°	25° 35°	35°								
1. Northern Route (Roncesvalles Route)	35.1	61.7	70.4	30.4	197.6	43.6	0.8	242.0	14.8	256.8		
2. North-South Route	36.8	57.3	72.1	32.6	198.8	32.6	1.6	233.0	14.8	247.8		
3. Southern Route (Chaparral Route)	19.5	27.8	46.8	46.0	139.1	67.6	0.8	207.5	52.8	260.3		

Note: 1) The starting point is assumed to be 133km along the Bogota - Neiva Road.

2) The end point is assumed to be 109.3km along the Cartago-Cali Road.

Table-7-4 The Vertical Gradient Distribution by Alternative Route

(Unit : km)

Route	0% - 2%	2% - 4%	4% - 6%	6% - 8%	8%	Total
1. Northern Route (Roncesvalles Route)	72.0	32.8	47.5	104.5	0	256.8
2. North-South Route	72.1	23.8	37.8	114.1	0	247.8
3. Southern Route (Chaparral Route)	107.4 (54.6)	29.9 (29.9)	67.8 (67.8)	55.2 (55.2)	0	260.3 (207.5)
Existing (Melgar-Buga) Road	119.1	50.1	26.9	32.2	36.8	265.1

Note: 1. (Value) Shows that of Castilla - Buga section

2. Espinal Bypass and Ibague Bypass are included in the Existing road length.

3. The starting point of the Melgar-Buga Road is assumed to be 133km along the Bogota-Neiva Road.

4. The end point is assumed to be 109.3km along the Cartago-Cali Road.

PROJECT AREA

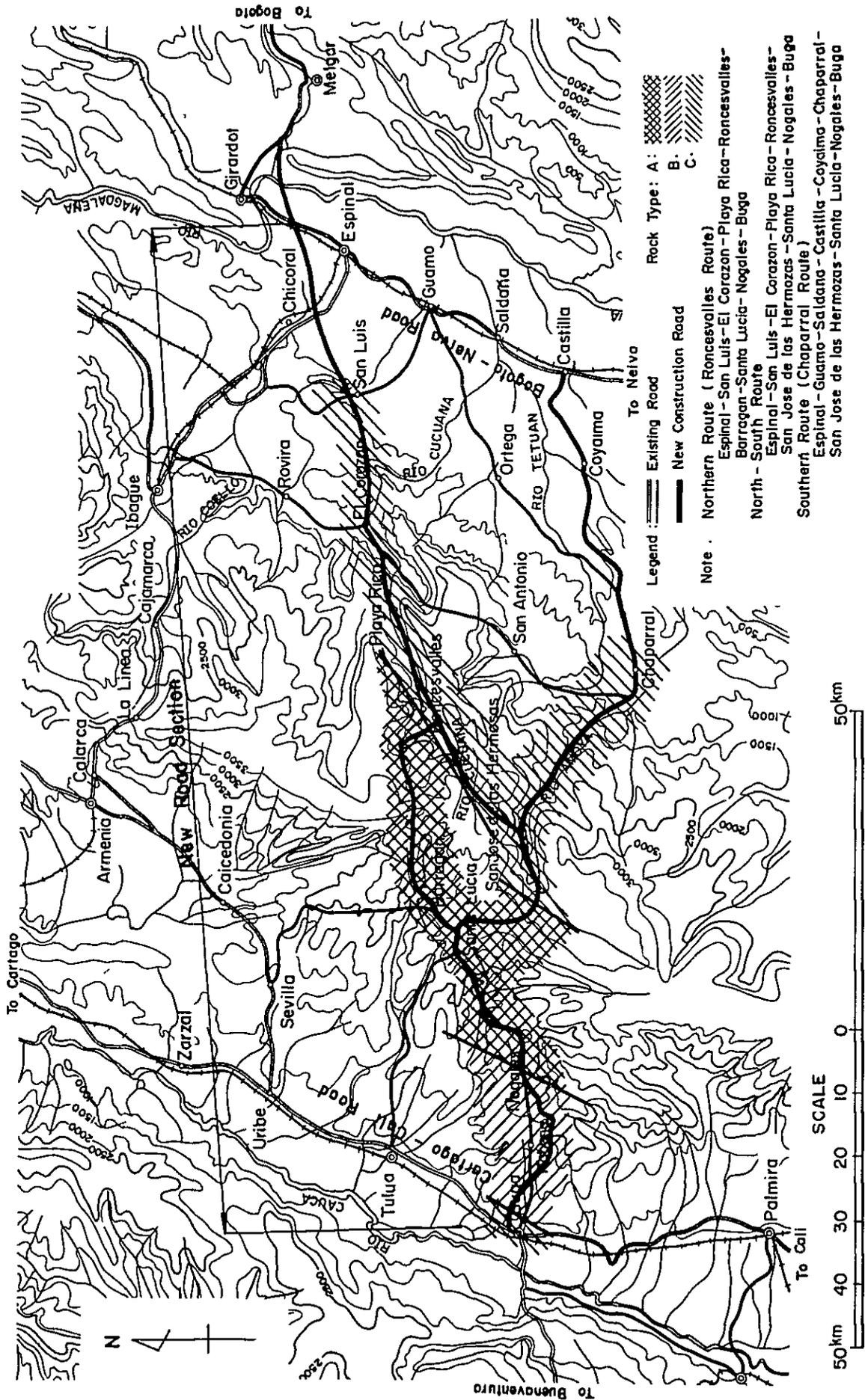


Fig. 7-4 Rock Classification Along the Alternative Routes

チャバラルルートと合流の後には、同じ線形上を走る。このルートは合計3度アップダウンを繰り返す。このルートは東部ではEl Corazonから Roncesvalles まで Rio Cucuana 沿いに走り San Jose de las Hermozas から depression の Los Andes まで走る。

このルートは最短ルートとなることを目的としているが、急峻な山地部を長い距離通過するので、建設費は最も高い。

(3) 南側ルート (Chaparral)

このルートは、Bogota-Neiva 道路の Km 133 から Castilla まで、同じ線形を走って、Castilla で分岐し、Chaparral, San Jose de las Hermozas, Depression Los Andes, Santa Lucia Nagales を通る。このルートは2回アップダウンを繰り返す。このルートは東部で Chaparral から Depression Los Andes まで Rio Amoya 沿いに走る。

このルートは既存の舗装道路と砂利道路を利用して建設費を安くすることを目的としたものである。

建設費が代替案の中で最小であるので7-5に記したようにベストルートと見なせる。

7-3-2 エンジニアリング調査

(1) 土工の設計

新道建設の区間では既存の Ibaguè - Calarca 間の地質結果を分析して Fig 7-4 に示すように表土、軟岩の厚さが推定されている。谷側の斜面では盛土か擁壁が地山勾配と盛土高に応じて必要な場所に計画される。山側斜面では、経済的な保護工が Table 7-2 のように計画された。

(2) 舗装の設計

アスファルトコンクリート舗装が、Melgar - Buga の新道に対して計画される。路床土 CBR を全線平均で6%と仮定すると舗装厚は Table 7-5 に示すように決められる。舗装厚の設計手順は Annex 7-2 に記されている。

(3) 橋梁と排水施設

橋梁とカルバートボックスのタイプは代替ルート沿いの河川あるいは、沢横断個所での推定流量によって決まる。Chaparral ルートの主要な橋梁は Annex Table 7-2 に示されている。

(4) 防災工事

地すべりに対する防災工は、抑制工が計画される。Chaparralルートに関する防災工は、Annex Table 7-3に示している。

(5) 構造物

新道建設区間の14%に高さ7mの擁壁を谷側に計画する。ガードレールは、盛土高1m以上の谷側に設ける。

7-4 数量計算

7-4-1 既存舗装道路区間

次の道路はプロジェクトライフ期間中維持されるものとする。

(1) Espinal Bypass (1.48km)

EspinalバイパスはVolume 1に建設することがリコメンドされているので1990年までに交通開放されるものと想定する。

Table 7-5 Thickness of the Pavement

	New Road Construction	Gravel Road Improvement
Subbage	20cm	-
Base	15cm	20cm
Asphalt Concrete	5cm	5cm

(2) 起点 - Castilla までの Bogota - Neiva 道路区間 (5.28 km)

この区間は第5章に記したように良好な状態で供用されている。将来の交通需要に見合うための追加2車線道路建設はこの調査に含めていない。

7-4-2 既存砂利道路区間

次の道路は1991年には、2車線の舗装された道路として供用されるものと想定する。

- (1) El Corgon-Playa Rica (15 Km)
- (2) Barragan-Santa Lucia (20 Km)
- (3) La Habana-Buga (13 Km)
- (4) Castilla-Chaparral (51 Km)

これらの道路は1990年までにアスファルトコンクリートの7m巾で舗装されるものと想定する。舗装工事の外の建設工事は計画しないこととする。

7-4-3 新道建設区間

この区間は代替ルートの大部分である。数量計算に当たって、次の仮定を考慮に入れた。

(1) 土 工

ペーパーロケーションに使った縮尺1/25,000の地形図は、通常の方法では数量計算が困難な等高線間隔50mである。土工数量は、Annex Fig7-1に示す岩石分類によって標準横断面を仮定して算定した。

(2) 他の工事項目

他の工事項目は、7-3に記した基本的考え方にしたがって算定した。

7-5 ベストルートの選択

7-5-1 3本の代替ルートの比較

Table 7-6はTable 7-3, 7-4, Fig 7-3, Table 8-5, 8-6, 8-7を要約して作成した3本の代替ルートの比較表である。その結果は経済評価をしないでも明らかである。Chaparralルートが次に記された理由にもとづいてベストとして選択される。

(1) 8,010百万ペソの建設費は最も経済的である。

Chaparralルートの建設費に比べてRoncesvallesルート(北)は15%の増加、Roncesvallesルート(南)は22%の増加である。

(2) ルートは最も長いが距離のちがいは大きくない。

(3) 縦断勾配6%以上の区間は他のルートの約半分である。

(4) 地山勾配25°以上を通過する区間が最も短い。

Table 7-6 Comparison of Three Major Alternative Routes

Item	Route			Existing Melgar - Buga	
	Nothern (Roncesvalles)	North- South	Southern (Chaparral)		
New Road Section (km)	198.4	200.4	139.9	-	
Gravel Road Improvement (km)	43.6	32.6	67.6	-	
Existing Paved Road (km)	14.8	14.8	52.8	265.1	
Total Distance (km)	256.8	247.8	260.3	265.1	
Vertical Gradient 6% or more (km)	104.5	114.1	55.2	69.0	
Natural ground slope gradient 25° or more (km)	100.8	104.7	92.8	-	
Economic Construction Cost (\$ million)	8,316.7	8,846.2	7,211.9	-	
Altitude Distribution (Approximate Distance km)	3000 ^m or more	27(10)%	33(13)%	27(10)%	8(3)%
	2000 ^m - 3000 ^m	89(35)	73(30)	55(21)	29(11)
	1000 ^m - 2000 ^m	51(20)	52(21)	66(25)	133(50)
	- 1000 ^m	90(35)	90(36)	112(43)	95(36)

Table 7-7 Comparison of Alternative Routes between Nogales and Buga

Item		Nogales - Buga Section	
		Via La Habana	Via San Antonio
New Road Section (km)		45.0	51.25
Gravel Road Improvement (km)		4.3	0
Existing Paved Road (km)		0	0
Total Distance (km)		48.5	51.25
Vertical Gravel Slope 6% or more (km)		14.0	2.5
Natural Ground Slope Gradient 25° or more (km)		19.7	24.7
Construction Cost (\$ million)		1,405	1,583
Altitude Distribution (km)	2000 ^m -3000 ^m	19.0	0
	1000 ^m -2000 ^m	29.3	51.0
	-1000 ^m	0.2	0.2

7-5-2 ベストルートの線形の決定

ベストルートの線形は次のように小さな代替案を通じて決定された。

(1) Nogales - Buga 区間

Nogales - Buga 間には, Annex Fig 7-2 に示すように二つの代替案がある。一つは La Habana 経由のルートで, Annex Table 7-6 に含まれているものであり, 他の一つは San Antonio 経由のルートで Depression Dilluvio を北側に迂回するものである。代替ルートの建設費は代替ルートの比較は Table 7-7 に示すとおりである。Annex Table 8-1-5 に示している。

この表は, La Habana 経由のルートが San Antonio 経由のルートよりも優れていることを示している。したがって, La Habana 経由のルートがベストルートの中に含まれるようにリコメンドされる, 縦断勾配 6 % 以上の区間がルートの 1 / 3 にわたってはいないが。

(2) 地すべり地帯の通過

LS-1 ~ LS-6 の 6 つの地すべり地帯の代替案の比較は, Table 7-8, Annex Fig 7-2 に示している。地すべり地帯を通過する方が迂回するよりも経済的であることがわかる。LS-6 では, 地すべり地帯を通過するより線形の選びようがない。上述の理由により, ベストルートの線形は 6 つの地すべり地帯を通過する方がよいと結論できる。地すべり対策工費は Annex Table 8-1-6, 8-1-7 に示している。

(3) Depression Los Andes の通過

Depression Los Andes がベストルートの最高点 (3 7 8 8 m) である。この Depression を通るのに 2 つの代替案が次のようにある。

1) トンネル案 (L = 0.8 Km)

2) 道路案 (L = 6.3 Km)

これらの代替案の比較は Table 7-9, Annex Fig 7-4 に示している。トンネル案が建設費で 5 % 高いけれども, 5.5 Km の距離の短縮は非常に大きいので Depression を通過するのに選択される。

二つの代替案の建設費は Annex Table 8-1-8 に示されている。

Table 7-8 Study and Report of Passing the Landslide Areas

		Landslide					
		LS-1	LS-2	LS-3	LS-4	LS-5	LS-6
Rock Type		C	C	C	C	C	C
Passing Landslide	Km Point along the best route	(STA 60.7-62.0) STA 61.3 1.3	(STA 68.0-70.0) STA 69.1 -	(STA 70.0-75.5) STA 74.3 -	(STA 89.5-92.0) STA 90.8 -	(STA 99.0-114.0) STA 112.7 -	STA 152.2
	Natural slope (Km)	1.3	2.0	4.5	0.9	1.5	
	Distance	1.3 Km	2.0 Km	5.5 Km	2.5 Km	15.0 Km	
	Vertical Gradient	2-4% (1.3Km)	0-2% (1.8Km) 4-6% (0.2Km)	2-4% (5.5Km)	2-4% (1.25Km) 4-6% (1.25Km)	0-2% (1.25Km) 4-6% (1.75Km) 6-8% (12.0Km)	
	Direct Construction Cost \$ mil. (A)	4	68	206	115	608	
	Road Preventive Work	4	5	10	8	12	
	Total	8	73	216	123	620	
	Natural slope (Km)	1.3	-	-	0	-	
	Distance	1.6 Km	2.4 Km	6.4 Km	3.1 Km	16.2 Km	
	Vertical Gradient	0-2% (0.9Km) 6-8% (0.7Km)	2-4% (1.3Km) 4-6% (1.1Km)	6-8% (6.4Km)	6-8% (3.1Km)	6-8% (15.0Km) 0-2% (1.2Km)	
Retouring Landslide	Direct (\$ million)	17	82	246	130	856	
	Construction Cost (B)	-9	-9	-30	-7	-236	
(A) - (B) (\$ million)		-9	-9	-30	-7	-236	

There is no alternative but to pass, through this landslide. (LS-6).

Table 7-9 Comparison of Passing Methods of Los Andes Depression

Item		Plan	
		Tunnel	Road
Rock Type		————	A,C
Distance (Km)		0.8	6.5
STA Point along the best route		STA 119.6 -STA 120.4	STA 119.6 -STA 120.4
Direct Construction Cost(\$million)		\$215	\$206
Vertical Gradient (Km)	0-2 %	0.8	-
	2-4	-	-
	4-6	-	3.3
	6-8	-	3.2
Natural Slope	0-15°	-	-
	15-25°	-	-
	25-35°	-	3.3
	35°-	-	3.2

第 8 章 道路建設工事費

第8章 道路建設工事費

8-1 コスト算定の方法

今回の調査に当ってコストは、基礎価格要素である材料、労務、機械からなる建設支払項目の単価を設定した。これらの単価はコロンビアの1980年中頃の経済的条件の下に計算されたものであり、各々の価格要素はM O P Tおよびその地方事務所ならびに地域のコンサルタントから得られた。

その単価は輸入機械や材料の価格および国産の機械や材料から組立てられている。それぞれの単価の外貨および内貨の組立ては次の基礎価格要素の分類に従って計算される。

外貨部分は次の価格によって構成される：

- 輸入機械（償却）、材料および原材料
- この国が輸入して加工した材料
- 外国人の賃金、そして
- 外国人の組織に対する諸経費と利益

内貨部分は次の価格によって構成される：

- 国内産の機械、材料およびこの国の特産品
- 国内労務賃金
- 国内の組織に対する諸経費と利益、そして
- 輸入関税および税金

1980年中頃のコロンビアPeso通貨の他国貨即ちUS \$および日本円に対する交換率は次の通りである。

$$\$ 4900 = \text{US } \$ 1.00 = \text{YEN } 22000$$

8-2 建設工事数量

すべての建設支払項目に対する数量はこの調査において決定された当初設計と図面に基いて10%の幅で計算されている。

8-3 単価分析

各建設工事の評価を行うために、利用可能なデータから決定される基礎価格要素を用いて、それぞれの支払項目の単価分析がなされた。建設支払項目の単価はTable 8-1に示す通りである。この建設工事に使用することが予想される機械および設備に対するHourly Costは表8-2に、またLocal Laborの賃金はTable 8-3に示されている。このプロジェクトの調査に使用される主要材料の価格はTable 8-4に示されている。

8-4 建設工事費

建設コストの推定は各種の代替案に対して行った。選ばれたルート (Chaparral Route) のコストは Table 8-5 に示す通りである。1984年から1990年に至る建設工事の実施計画は Fig 8-1 に示されている。なお各種の代替案のコストは Table 8-6 および Table 8-7 に示す。Annex Table 8-1 には選ばれたルートの詳細な数量が示されている。Annex Table 8-2 には工事のために取得すべき主要材料の数量が、また Annex Table 8-3 には建設工事に使用される主要機械の数量が示されている。

8-5 道路維持補修費

道路維持補修の作業として、道路を良好な状態に保持するためには2つのケースがある。一つは日常維持補修であり、他の一つは定期的補修である。

8-5-1 日常維持補修は次の通りである。

- 舗装表面の轍掘れやポットホールの修理 (Patching)
- 排水溝およびカルバートの清掃ならびに植生防止
- 崩壊土砂の取除き
- 路面マーキングの修理
- その他 traffic services

8-5-2 定期的補修は次の通りである。

- 舗装表面の部分的打替え
- 舗装表面のオーバーレイ
- 橋梁のペインティングおよび修理
- その他

1 km 当り年間維持補修費は Table 8-6 に示す通りである。これらの詳細は第2巻 Annex 8-1 に示す。

Table 8-8 Road Maintenance Cost per Km

Unit : \$

	Routine Maintenance	Periodic Maintenance
ADT > 2000	113,800.00	1,878,640.00

Table 8-1

Unit Construction Cost

(Unit: \$)

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
<u>General Work</u>					
1. Clearing and Grubbing	M2	1.22	0.55	0.22	1.99
2. Stripping	M2	2.55	0.97	0.46	3.98
3. Excavation Common A (Borrow)	M3	18.93	9.02	3.45	31.40
4. Excavation Common B (100m - 500m)	M3	75.24	28.73	13.87	117.84
5. Excavation Common M (Manpower)	M3	17.62	78.79	2.91	99.32
6. Excavation Hard Rock	M3	304.56	203.12	80.80	588.48
7. Excavation Soft Rock	M3	121.71	75.43	29.10	226.24
8. Embankment	M3	57.59	34.20	12.50	104.31
9. Transportation of Const. Material	M3-Km	9.12	9.81	3.68	22.61
10. Loading of Material	M3	18.78	9.26	3.40	31.44
11. Crushed Stone	M3	155.04	81.04	57.92	294.00
12. Concrete A (210 kg/cm ²)	M3	1,117.17	1,228.91	93.22	2,439.30
13. Concrete B (180 kg/cm ²)	M3	981.15	1,016.63	70.54	2,068.32
14. Concrete C (140 kg/cm ²)	M3	941.97	955.05	62.98	1,960.00
15. Concrete B mixed Stone	M3	827.02	1,182.88	94.55	2,104.45
16. Concrete C mixed Stone	M3	851.70	1,222.60	99.32	2,173.62
17. Concrete Placing H	M3	405.06	410.02	83.62	898.70
18. Concrete Placing L	M3	166.19	130.66	36.80	333.65
19. Form work	M2	74.35	358.87	19.97	453.19
20. Scaffolding	M3	21.30	111.96	5.27	138.53
21. Cement Mortar	M3	1,203.60	2,444.94	131.04	3,779.58
22. Reinforcing Steel, fabricated	KG	19.71	33.10	3.52	56.33
<u>Pavement work</u>					
1. Subgrade Preparation	M2	3.09	2.11	0.68	5.88
2. Subbase Course, natural	M3	205.49	180.34	65.37	451.20
3. Subbase Course, semi- crushed	M3	332.15	264.06	92.73	688.94
4. Base Course	M3	509.13	339.73	108.60	957.46
5. Asphalt Tack Coat	M2	9.12	5.92	1.00	16.04
6. Asphalt Prime Coat	M2	11.82	8.69	1.16	21.67
7. Asphalt Concrete Pavement	T	906.51	580.26	133.87	1,620.64

Table 8-1 (Cont'd)

(Unit: \$)

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
<u>Bridge and Structure</u>					
1. R.C. Box Culvert 4.5m x 4.0m	M	34,840.92	51,342.55	5,142.15	91,325.62
2. R.C. Box Culvert 3.0m x 3.0m	M	17,780.06	26,345.11	3,538.78	46,663.95
3. R.C. Box Culvert 1.2m x 1.0m	M	5,727.14	8,872.20	827.45	15,426.79
4. Retaining Wall H=7.0m	M	19,161.70	31,382.66	2,983.17	53,527.53
5. Retaining Wall H=10.0m (Crib Wall)	M	29,162.55	36,238.64	2,830.87	68,232.06
6. Concrete Gravity Wall H=4.0m	M	8,230.46	10,979.61	1,170.82	20,380.89
7. R.C. Bridge L=5.0m	U	293,014.00	459,890.00	43,517.00	796,421.00
8. R.C. Bridge L=10.0m	U	580,457.00	930,428.00	91,377.00	1,602,262.00
9. P.C. T-Bridge L=20.0m	U	2,393,632.00		572,892.00	5,907,112.00
			2,940,588.00		
10. P.C. T-Bridge L=30.0m	U	3,862,716.00		936,769.00	9,266,402.00
			4,466,917.00		
11. P.C.T-Bridge L=40.0m	U	5,208,537.00		1,267,777.00	1,223,184.00
			5,756,870.00		
12. Formwork for Bridge	M2	97.46	465.62	26.09	589.17
13. Structural Concrete (300 kg/cm ²)	M3	1,160.19	1,313.41	174.64	2,648.24
14. Excavation for Foundation	M3	64.33	47.13	11.39	122.85
15. Grouting of P.C. Cable	M	23.37	92.90	3.73	120.00
16. Setting of Guard Rail	M	992.55	1,463.27	126.32	2,582.14
17. Concrete Spraying	M2	54.20	53.77	14.52	122.49
18. Seed Spraying	M2	16.07	23.35	4.29	43.71
<u>Drainage and Side Ditch</u>					
1. Concrete Pipe ϕ 0.3m	M	3.09	2.11	0.68	5.88
2. Concrete Pipe ϕ 0.6m	M	1,053.28	1,266.61	118.91	2,438.80
3. Concrete Pipe ϕ 0.9m	M	1,563.42	1,890.13	186.56	3,640.11
4. Side Ditch	M	467.72	734.16	87.33	1,289.21
5. R.C. Catch Basin	U	1,988.31	6,242.96	285.96	8,517.23

Tabel 8-1 (Cont'd)

(Unit: \$)

ITEM	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
<u>Preventive Work</u>					
1. Slope Protection A (Block Type)	M2	3,481.07	4,915.22	402.83	1,159.12
2. Slope Protection B (Leaning Type)	M	7,471.31	8,605.95	746.55	16,823.81
3. Slope Protection C (Frame Type)	M2	414.76	590.54	42.89	1,048.19
4. Collecting Drain	M	522.62	971.37	58.38	1,552.37
5. Drilling	M	464.27	1,179.46	83.96	1,727.69
6. Driving Steel Pile H-200 x 200	M	1,943.35	748.73	655.33	3,347.41

Legend

FC : Foreign component expressed in Colombian Pesos
 LC : Local component expressed in Colombian Pesos
 Total: Total unit cost expressed in Colombian Pesos
 KG : Kilogram, M2: square meter, M3: Cubic meter, M: meter,
 U : Total unit or lump sum, T: metric ton = 1000 kg

Prices given are for direct costs with no overhead, fringe and profit.
 Prices are calculated for mid-1980.

Table 8-2 Hourly Cost of Construction Equipment

(Unit: \$)

EQUIPMENT	FC	LC	TAX	TOTAL
1. Bulldozer D6D	1,762.10	456.84	291.18	2,510.12
2. Bulldozer D7G	2,401.50	622.60	396.83	3,402.93
3. Bulldozer D8K	3,348.24	868.07	553.27	4,769.58
4. Bulldozer D8K w/Ripper	3,756.48	973.90	620.73	5,351.11
5. Bulldozer D6DL	2,233.17	578.97	369.01	3,181.15
6. Tractor Shovel 955L	1,621.32	423.26	268.29	2,312.87
7. Tractor Shovel 977L	2,604.52	679.93	430.99	3,715.44
8. Wheel Loader 950	1,933.40	498.50	322.23	2,754.13
9. Wheel Loader 930	1,348.27	347.63	224.71	1,920.61
10. Excavator 215	1,912.40	495.81	316.01	2,724.22
11. Excavator 225	2,377.47	616.38	392.86	3,386.71
12. Motor Grader G12	1,769.38	458.73	292.38	2,502.49
13. Motor Grader GD600R-1	984.34	255.20	162.66	1,402.20
14. Motor Scraper 621B	3,533.46	911.05	588.91	5,033.42
15. Road Roller, Macadam KD7610	399.67	105.62	65.66	570.95
16. Road Roller, Tire TS7409	580.22	153.34	95.32	828.89
17. Vibration Roller SV90	873.80	230.94	143.55	1,248.29
18. Asphalt Plant BA1000	3,384.85	932.64	566.42	4,882.91
19. Asphalt Finisher SA35	639.77	168.17	106.02	913.96
20. Asphalt Finisher PT280	557.54	146.55	92.39	796.48
21. Asphalt Distributor D8-50EA	346.20	92.25	57.53	495.98
22. Motor Generator EG55	235.95	60.75	38.93	335.63
23. Motor Generator EG200	549.79	141.55	90.72	782.06
24. Motor Generator EG300	895.93	230.67	147.84	1,274.44
25. Air Compressor 10.5 m ³ /min.	310.23	110.84	234.81	655.88
26. Air Compressor 17.0 m ³ /min.	487.51	174.18	368.98	1,030.67
27. Crawler Drill PCR200	565.14	144.70	94.06	803.90
28. Leg Hammer 322D	23.52	6.02	3.91	33.45
29. Pick Hammer CA7A	4.01	1.03	0.66	5.70
30. Batching Plant	3,295.71	907.03	546.12	4,748.86
31. Concrete Mixer	365.46	94.23	60.91	520.60

Note: 1) The hourly cost is applicable where equipment operation is for less than 8 hours.

2) When the equipment is used for one day, the daily cost is calculated by $0.9 \times (8 \text{ hours}) \times (\text{hourly cost})$.

3) When the equipment is used for more than a week, the weekly cost is calculated by $0.8 \times (8 \text{ hours}) \times (\text{hourly cost}) \times (6 \text{ days})$.

Table 8-2 (Cont'd.)

(Unit: \$)

EQUIPMENT	RC	LC	TAX	TOTAL
32. Truck Crane 10 Ton	1,013.87	266.50	168.01	1,448.38
33. Truck Crane 20 on	1,768.14	464.77	293.01	2,525.92
34. Crauler Crane 23 on	1,857.26	488.20	307.77	2,653.23
35. Pile Driver IDH-25	609.98	158.14	100.80	688.92
36. Pile Driver IDH-35	772.67	200.32	127.68	1,100.67
37. Crushing Plant 60 T/Hr	3,567.12	1,152.16	1,790.07	6,509.35
38. Underwater Pump 10m ³ /min.	300.59	80.10	49.96	430.65
39. Underwater Pump 4.5m ³ /min.	192.36	51.26	31.97	275.59
40. Blower 150m ³ /min.	328.24	86.28	54.39	468.91
41. Concrete Pump car 60m ³ /Hr	1,618.80	411.60	269.03	2,299.43
42. Truck Mixer 3.5m ³	623.38	170.42	103.15	896.95
43. Grout Pump 45 l/min.	119.50	31.41	19.80	170.71
44. Concrete Vibrator ϕ 38mm	13.35	3.61	2.22	19.18
45. Dump Truck D600 7 Ton	166.07	269.86	83.03	518.96
46. Flatbed Truck 6 Ton	141.58	230.07	70.79	442.44
47. Water Tanker 2000 Gallon	154.50	251.05	77.25	482.80
48. Line Marker	187.99	49.41	31.16	268.56
49. Belt Conveyer	25.54	6.71	4.23	36.48
50. Concrete Blow up Apparatus	243.52	64.01	40.35	347.88
51. Seed Blow up Apparatus	196.63	51.69	32.58	280.90
52. Drilling Machine ϕ 66 mm	214.67	56.43	35.57	306.67
53. Air Compressor 5 m ³ /min.	279.37	73.44	46.29	399.10
54. Hand Hammer	19.78	5.20	3.27	28.25

See Legend under Table 8-1.

Table 8-3 Hourly Wages

(Unit: \$)

Classification	Daily Rate	Hourly	Hourly x Factor
Operator, Bulldozer	400.00	50.00	116.70
Operator, Excavator	400.00	50.00	116.70
Operator, Loader	400.00	50.00	116.70
Operator, Grader	400.00	50.00	116.70
Operator, Crane	400.00	50.00	116.70
Operator, Scraper	500.00	62.50	145.80
Operator, Roller	300.00	37.50	87.53
Operator, Compressor	300.00	37.50	87.53
Operator, Generator	300.00	37.50	87.53
Operator, Batching Plant	500.00	62.50	145.88
Operator, Concrete Mixer	280.00	35.00	81.69
Operator, Asphalt Plant	500.00	62.50	145.88
Operator, Asphalt Finisher	500.00	62.50	145.88
Operator, Crushing Plant	400.00	50.00	116.70
Operator, Driver	250.00	31.25	72.94
Assistant Operator	250.00	31.25	72.94
Foreman	400.00	50.00	104.55
Carpenter	350.00	43.75	91.48
Electrician	400.00	50.00	104.55
Ironworker	300.00	37.50	78.41
Mason	250.00	31.25	65.34
Mechanic	400.00	50.00	104.55
Welder	400.00	50.00	104.55
Technician	400.00	50.00	104.55
Common Laborer	200.00	25.00	52.28

SOURCE: MOPT

Table 8-4

Cost of Main Materials

(Unit: \$)

Classification	UNIT	FC	LC	TAX	TOTAL
Portland Cement	T	1,600.00	2,160.00	240.00	4,000.00
Reinforcing Steel, round	KG	14.00	19.00	2.00	35.00
Reinforcing Steel, deformed	KG	18.00	24.00	3.00	45.00
Structural Steel, fabricated	T	38,700.00	13,400.00	13,900.00	66,000.00
Sheet Pile	T	34,000.00	11,800.00	12,200.00	58,000.00
Corrugated Pipe	T	73,890.00	7,820.00	14,780.00	96,490.00
P.C. Cable (Wire)	KG	76.70	26.63	27.52	130.83
Wire Rope	KG	18.00	24.00	3.00	45.00
Steel Wire	KG	20.00	27.00	3.00	50.00
Asphalt Cement	T	5,040.00	2,860.00	500.00	8,400.00
Asphalt Liquid, MC-70	T	7,920.00	4,480.00	800.00	13,200.00
Asphalt Liquid, RC-250	T	7,920.00	4,480.00	800.00	13,200.00
Diesel	Gal	28.60	10.70	8.50	47.80
Gasoline	Gal	28.60	10.70	8.50	47.80
Kerosene	Gal	29.60	11.00	8.80	49.40
Motor Oil	Gal	170.20	63.00	50.40	283.60
Transmission Oil	Gal	156.00	57.80	46.20	260.00
Hydraulic Oil	Gal	141.80	52.60	42.00	236.40
Grease	Lb	19.50	11.60	1.40	32.50
Plank, Lumber	M3	1,170.00	4,340.00	350.00	5,860.00
Log	M3	720.00	2,670.00	210.00	3,600.00
Aggregate	M3	360.00	240.00	-	600.00
Sand	M3	300.00	200.00	-	500.00
Crushed Stone	M3	343.70	223.70	73.60	641.00
Brick	U	-	4.00	-	4.00
R. C. Pipe 900 dia.	M	910.00	335.00	55.00	1,300.00
R. C. Pipe 600 dia.	M	630.00	232.00	38.00	900.00
R. C. Pipe 300 dia.	M	350.00	129.00	21.00	500.00

SOURCE: MOPT and JAPAN Supplies. -65-

Table 8-4 (Cont'd)

Cost of Main Materials

(Unit: \$)

Classification	UNIT	FC	LC	TAX	TABLE
R. C. Pipe 200 dia	M	40.00	85.00	5.00	130.00
P. V. C. Pipe 50 dia.	M	15.00	32.00	3.00	50.00
Wire Net	M2	128.96	44.76	46.28	220.00
Nail	KG	24.00	33.00	3.00	60.00
Paint	LIT	40.00	140.00	10.00	190.00
Beeds	KG	-	61.00	4.00	65.00
Filler	T	320.00	430.00	50.00	800.00
Explosive	KG	-	104.00	6.00	110.0
Cap Electric	U	10.00	21.00	2.00	33.00
Electric Cord	M	10.00	18.00	2.00	30.00
Form Oil	LIT	40.00	148.00	12.00	200.00
Seed	KG	-	130.00	-	130.00
Guard Rail	M	960.00	1,320.00	120.00	2,400.00
Concrete Block	U	55.00	60.00	5.00	120.00
Sheath 62 dia	U	77.50	26.90	27.80	132.20
Sheath 45 dia.	U	48.89	16.97	17.54	83.40
Sheath 32 dia.	U	35.52	12.33	12.75	60.60
Concrete Frame	M	440.00	480.00	50.00	970.00
Bentonite	KG	3.00	6.00	1.00	10.00
Steel Pipe 200 dia.	M	440.00	590.00	70.00	1,100.00
Air Hose 20 dia.	M	30.00	54.00	6.00	90.00

See Legend under Table 8-1.

Table 8-5

Construction Cost: Chaparral Route

Economic Cost in 1980 prices

(Unit: \$'000)

ITEM	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth Work	1,347,262	1,094,371	318,426	2,760,059
2) Pavement	399,860	273,056	76,876	749,792
3) Bridge	81,443	96,607	19,167	197,217
4) Tunnel	92,001	96,551	26,932	215,484
5) Structure	481,783	758,562	78,823	1,319,168
6) Preventive Work	22,432	28,853	3,147	54,432
7) Total	2,424,781	2,348,000	523,371	5,296,152
8) w/Overhead and Profit 7)x1.25	3,368,158	2,662,459	589,573	6,620,190
9) Supervision 8)x0.05	251,568	62,892	16,550	331,010
10) Contingency 8)+9)x0.10	361,973	272,535	60,612	695,120
11) G. Total	3,981,698	2,997,856	666,735	7,646,320
12) Detailed Eng. w/Cont. 9)x1.10	276,725	69,180	18,205	364,110
Total	4,258,424	3,067,066	684,940	8,010,430
Economic Cost	4,258,424	3,067,066	-	7,325,490

Note: Land acquisition cost is estimated separately as 372 million pesos.

Table 8-6 NEW ROAD: Construction Cost; Roncesvalles Route

Economic Cost in 1980 Prices

(Unit: \$'000)

ITEM	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth Work	1,400,502	1,206,811	314,894	2,923,207
2) Pavement	487,843	333,138	93,792	914,773
3) Bridge	78,672	93,320	18,515	190,507
4) Tunnel	92,001	96,551	26,932	215,484
5) Structure	666,048	1,048,685	108,970	1,823,703
6) Total	2,725,066	2,778,505	563,103	6,066,674
7) w/Overhead and Profit 6) x 1.25	3,805,693	3,138,714	638,936	7,583,343
8) Supervision 7)x0.05	288,167	72,042	18,958	379,167
9) Contingency 7) + 8) x 0.10	409,386	321,076	65,789	796,251
10) G. Total	4,503,246	3,531,832	723,683	8,758,761
11) Detailed Eng. w/Cont. 8) x 1.10	316,984	79,246	20,853	417,083
Total	4,820,230	3,611,078	744,536	9,175,844
ECONOMIC COST	4,820,230	3,611,078	-	8,431,308

Note: Land acquisition cost is estimated separately as 356 million pesos.

Table 8-7

Construction Cost; North-south Route

Economic Cost in 1980 Prices

(Unit: \$'000)

ITEM	FC	LC	TAX	TOTAL
1) Earth Work	1,507,827	1,278,132	345,067	3,131,026
2) Pavement	473,588	323,404	91,051	888,043
3) Bridge	74,281	88,112	17,482	179,875
4) Tunnel	184,002	193,102	53,864	430,968
5) Structure	673,137	1,059,847	110,130	1,843,114
6) Total	2,912,835	2,942,597	617,594	6,473,026
7) w/Overhead and Profit 6) x 1.25	4,065,843	3,326,933	698,507	8,091,283
8) Supervision 7)x0.05	307,469	76,867	20,228	404,564
9) Contingency 7) + 8) x 0.10	437,331	340,380	71,874	849,585
10) G. Total	4,810,643	3,744,180	790,609	9,345,432
11) Detailed Eng. w/Cont. 8) x 1.10	338,216	84,554	22,250	445,020
Total	5,148,859	3,828,734	812,859	9,790,452
Economic Cost	5,148,859	3,828,734	-	8,977,593

Note: Land acquisition cost is estimated separately as 358 million pesos.

Table 8-9 Annual Expenditure for Chaparral Route

(Unit \$ x 10⁶ in 1980 price)

Year	Land Acquisition	D/D	Construction Cost	Total
1983	372.1			372.1
1984		135.0		135.0
1985		135.0		135.0
1986		94.1	623.8	717.9
1987			1,625.1	1,625.1
1988			2,029.3	2,029.3
1989			1,969.2	1,969.2
1990			1,398.9	1,398.9
Total	372.1	364.1	7,646.3	8,382.5

Fig. 8-1 New Road; Chaparral Route Implementation Schedule

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Detailed Engineering Prequalification, etc.	██████████	██████████	██████████				
Earth Work and Drainage			██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Pavement Work				██████████	██████████	██████████	██████████
Bridge					██████████	██████████	██████████
Tunnel					██████████	██████████	██████████
Structure						██████████	██████████
Miscellaneous						██████████	██████████

第9章 經濟評估

第9章 経済評価

9-1 総論

9-1-1 経済分析の対象

経済評価は2010年までの交通需要を考慮して、MelgarからBugaまでの新道建設の可能性を検討するため行なわれた。各代替案における便益がほぼ同様に得られると予想されるため、工費の最も低い代替案が費用便益検証された。

9-1-2 計量できない便益・費用

経済評価に用いられる費用・便益は9-2、および9-3において述べられているが、これら述べられている費用・便益以外に計量できないものが考えられる。あるものは貨幣価値での評価が難しいものであり、あるものは情報不足で計量するのが困難なものである。

過去の斜面崩解の記録がないため、加えて地質・土質的な分析は初歩的な段階にとどまっているため、現道の斜面崩解による交通遮断を考慮した便益計算は除外されている。

さらに、新道建設後の開発便益も、農業開発ポテンシャル、開発計画、移住計画等が不明のため、便益計算等より除外されている。

この開発便益は新道の性格より判断して、便益中に占める割合は大なるものと思われるので、新道建設の場合には、最大限に引き出せるように十分な開発計画が立案されることが望まれる。

時間便益は以下の理由により無視した。

-貨幣価値で計量しにくいこと。

-Girardot, Espinal, Ibaguеの都市では、新道の完成前にバイパスの建設が終了していると考えられるので、都市内の渋滞は回避できること。

交通事故減による便益は情報不足のため考慮しなかった。

9-1-3 新道の代替案

Fig 7-2に示す3ルート of 代替案が検討されている。これらのルートの線型はできるだけ現在ある道路を利用している。詳細はTable 7-4に示す。

Table 9-1 Economic Vehicle Operating Cost (\$/Km)

in 1980 prices of The Colombian Pesos

Year	Road Gr. (%)	Existing Road without Project				Existing Road with Project				New Road			
		Pass. Car	Bus	Truck	Trailer	Pass. Car	Bus	Truck	Trailer	Pass. Car	Bus	Truck	Trailer
1990	1.0	10.861	20.472	22.252	40.945	10.911	20.463	22.254	40.945	11.018	21.664	23.529	42.960
	3.0	12.283	24.330	26.372	48.446	12.129	24.165	26.276	48.609	12.050	23.990	26.036	48.173
	5.0	13.405	26.923	29.266	53.423	12.710	26.313	28.551	53.423	12.710	26.313	28.551	53.423
	7.0	14.095	29.560	31.512	59.898	13.245	28.124	31.146	59.043	13.245	28.124	31.146	59.043
	9.0	15.087	33.230	34.455	65.218	13.822	31.968	34.024	65.218	13.822	31.968	34.024	65.218
2000	1.0	10.815	19.880	21.943	39.114	10.821	19.880	21.943	39.114	10.911	21.054	23.272	42.960
	3.0	12.643	24.697	26.468	48.854	12.248	24.322	26.372	48.609	12.050	23.990	26.036	48.173
	5.0	13.771	27.555	29.508	53.423	13.423	26.923	28.551	53.423	12.710	26.313	28.551	53.423
	7.0	15.000	30.723	31.892	60.840	14.112	29.182	31.512	59.043	13.929	29.182	31.146	59.043
	9.0	16.039	34.751	34.904	66.417	15.087	33.284	34.455	65.218	14.615	32.939	34.024	65.218
2010	1.0	10.793	19.386	21.641	38.196	10.508	19.323	21.641	38.522	10.861	20.463	22.871	40.538
	3.0	12.961	24.889	26.487	48.854	12.651	24.712	26.468	48.854	12.215	24.322	26.036	48.499
	5.0	14.478	28.179	29.704	53.959	13.922	27.555	29.266	53.423	13.268	27.123	29.266	53.423
	7.0	15.787	31.565	32.257	60.840	14.808	30.388	31.892	59.043	14.625	30.331	31.512	59.043
	9.0	16.901	35.558	35.369	66.334	16.039	34.358	34.904	65.218	15.290	33.351	34.455	65.218

9-2 便 益

9-2-1 車両走行費用

車両走行費用は1990年、2000年、2010年の各交通量に応じて計算されている。それはKm当りの燃料費、油脂費、タイヤ代、維持費、償却費、および人件費を含む間接費より成る経費である。

この経費は現道のプロジェクト実施しない場合と、する場合の2ケース、および新道の1ケース計3ケースについて交通量と道路勾配を考慮して計算されている。解析結果は表9-1にまとめられている。その他については本巻のAnnex9に示す。

9-2-2 交通費用の計算

各ケースの交通費用は道路区間（現道13、新道14の区間に区分）の交通費用の和であり、それぞれの交通量、平均道路勾配、および道路延長より計算されている。（Annex9）

9-2-3 便 益

便益は次の区分によって計量した。

- 転換交通便益

プロジェクト実施後の転換交通が発生することによる交通費用の減少である。

現道のプロジェクト実施した場合と、実施しない場合の交通費用、および新道の転換交通の交通費用が1990、2000、2010年の3年度に対してTable9-2にまとめられている。

現道のプロジェクト実施しない場合の交通費用と、プロジェクト実施した場合の現道と新道との交通費用の和との差が転換交通便益となる。

Table 9-2 Traffic Cost

year	Traffic Cost			in million pesos /day	
	Existing Road		New Road	Traffic Cost Saving	Benefit by Road Length Reduction
	w/o Project	with Project			
1990	32.611	23.928	7.653	1.030	0.033
2000	53.326	38.940	12.397	1.989	0.052
2010	87.190	63.574	20.367	3.249	0.084

－既存交通便益

現在の砂利道よりアスファルト道への舗装化による走行費用減で表わされる。

走行費用の減少をアスファルト道路の走行費用の20%と仮定して計算した。Table 9-3に結果を示す。

9-2-4 プロジェクト道路の残存価格

計画道路の残存価格は、プロジェクト寿命終了後、当該道路の改良、あるいは別の新道が建設されると想定し、その場合にこの計画道路がその後はたす役割と同様な道路を建設するに要する費用として計量される。

計画道路の交通容量は2010年に直ちに増加させる必要はないが、5年程度後には増やす必要があろう。計画道路の大部分はその地理的条件より拮据は非常に困難であり、経済的、技術的に別ルートの道路を考えた方が良策と思われる。さらに、計画道路の巾員構成は最小値であり、したがって、プロジェクト道路の残存価値は2011年から建設を開始した場合の計画道路の現在価値に等しいものと結論づけられる。

Table 9-3 Existing Traffic Benefits (Chaparral Route)
in million pesos/year

Road Section	1990	2000	2010
Castilla - Coyaima	11.830	19.184	30.394
Coyaima - Chaparral	16.158	25.844	42.150
Buga - Sta. Lucia	4.067	6.734	11.162

9-3 費用

経済費用は1980年6月/7月時点の価格でまとめられている。代替案Aの費用についてTable 9-4にまとめている。費用分析の詳細については8章を参照されたい。

作業計画は全体の工事量を考慮して定められており、詳細設計が1984年より開始され、工事は1990年に完了となっている。

Table 9-4 Construction Cost (Chaparral Route)

Items	million Pesos			
	Foreign Currency	Local Currency	Tax	Total
Direct Cost	2,424.8	2,348.0	523.4	5,296.1
Overhead, Profit, Supervision, and Contingency	3,981.7	2,997.9	666.7	7,646.3
Detailed Eng.	276.7	69.2	18.2	364.1
Total	4,258.4	4,900.3	798.5	8,010.4
Land Acquisition		372.0		
Financial Cost = 8,382.4 million pesos				
Economic Cost = 7,325.5 million pesos				

9-4 費用, 便益分析

代替案 A (Chaparral ルート) について費用, 便益分析を行なった。結果は以下に示すとおりである。

現在価値費用 ($i = 12\%$)	4,697.2 百万ペソ
現在価値便益 ($i = 12\%$)	2,905.0 "
現在価値 ($i = 12\%$)	-1,792.2 "
便益・費用比	0.62
内部収益率	7.9 %

この結果は次の様な理由によるものと思われる。

- (1) 現道の交通容量はプロジェクト供用開始年, 1991年時点, においては十分に余裕があり, 2000年頃容量が不足する。
- (2) 開発便益がデータ不足のため計量されていない。本プロジェクトは低開発地域に対する開発道路の性格を有しており, この効果を計上することがより望ましい。
- (3) 現道閉鎖による便益も計上されていない。現道の Ibague と Calarca 間では, 斜面崩壊による道路閉鎖がしばしば発生しており, 再開通のために数日要するケースも年間数回ある。
- (4) 建設費用は MOP T の実績に比べていく分高目に積算されている様である。この影響については感度分析において記述している。

9-5 感度分析

9-5-1 序

予測は常に誤差を含んでいる。したがって、種々の仮定の変化が、予測結果にどのような影響を与えるか解析することは意義のあることである。

Fig. 9-1, 9-2は感度分析の結果を示している。

9-5-2 道路利用者便益

Fig. 9-1は道路利用者便益に関する要因の変化の感度を示している。交通量指標は予測の開始年を表わしている。(1990→1991年)予測交通指標は20年間にわたる交通量の予測成長率を表わしている。道路利用者便益指標は利用者の節約量より計算され、転換率、あるいは車両走行費用より求められる。

9-5-3 建設費用

プロジェクトの直接工費の内、50%以上は土工費が占めている。(Table 8-5参照)したがって掘削単価、あるいは掘削量は建設費用に重大な影響を与える。

過去のMOP Tでの同種工事の契約実績にもとづいた単位道路延長に対する建設費はTable 9-5に示す程度である。この単価を使って、本プロジェクトの建設費を計算するとTable 8-5に示す建設費用の約30%減となる。

MOP Tの単価に基づく建設費用が真の経済費用を示しているとは考えられないが、積算された建設費用を減少できる可能性はあると思われる。

Fig. 9-2に建設費用減による費用・便益比の変化を示した。

9-5-4 計算されない便益

影響圏の開発便益、あるいは斜面崩壊による道路閉鎖便益はデータ不足により計量されない便益として除外されている。

しかし、これらの便益はこのプロジェクトの目的、性格を考慮すれば経済分析上重要なものであり、したがって、プロジェクト実施にはこれらの実態を十分に調査することが必要である。

Fig. 9-2に便益量の変化に対する費用・便益比の変化をも示している。

9-6 結 論

経済分析結果によれば、Melgar から Buga に至る新道建設のプロジェクトは前述の便益を除外したこともあり、十分な経済効果を示していない。

B / C ($r = 12\%$) 0.62

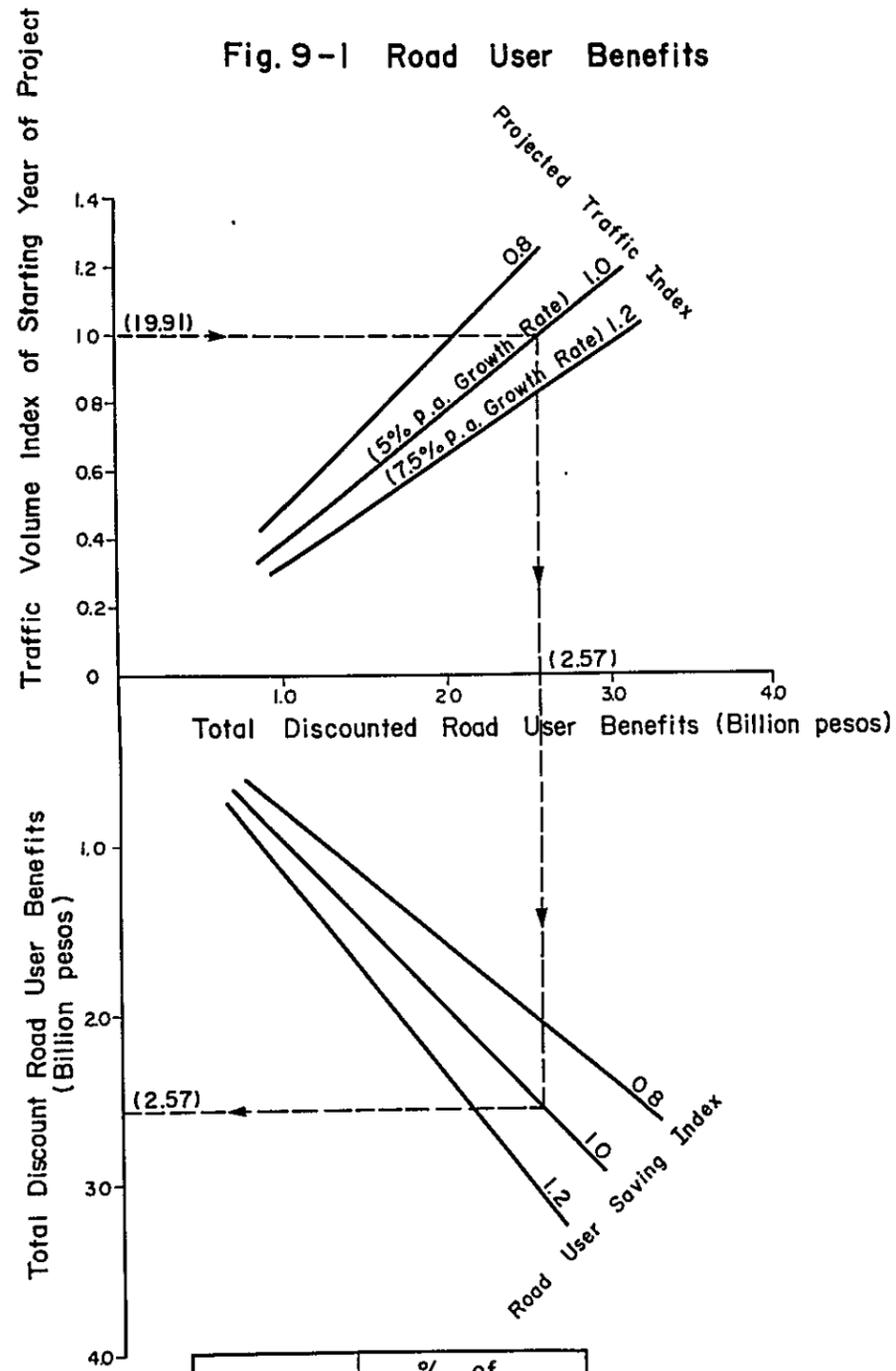
I R R 7.9 %

しかし、感度分析においても述べたごとく、建設費用は多少減少する可能性があり、また便益についても開発便益、道路閉鎖便益を考慮すれば多くなるろう。

したがって、上記の数値はもっと良くなると考えられる。さらに、現道の補完的役割、地域開発政策等の観点を加えれば、新道建設は価値ある事業と言える。

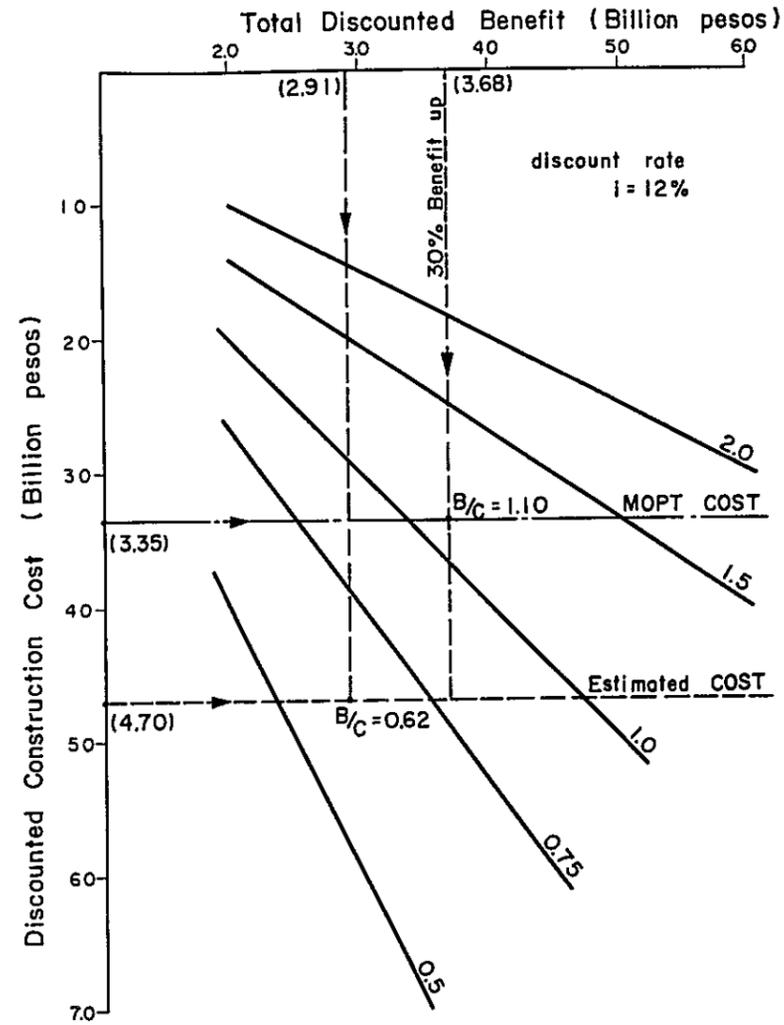
新道建設に際しては、プロジェクト地域の開発調査、あるいは現道閉鎖の実態調査を十分に行なうことが望まれる。

Fig. 9-1 Road User Benefits



Item	% of User Benefits
Traffic Existing	9.7
Traffic Diverted	90.3
	<hr/> 100.0

Fig. 9-2 Benefits Cost Ratio



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

ANNICES

Annex 4

Annex Table 4-1	Average Vehicle Speed with Project on Existing Road (0% Diversion)	A- 1
4-2	Average Vehicle Speed on New Road (0% Diversion)	A- 2
4-3	Average Vehicle Speed with Project on Existing Road (50% Diversion)	A- 3
4-4	Average Vehicle Speed on New Road (50% Diversion)	A- 4

Annex 7

Annex 7-1	The Determination of Typical Cross Section	A- 5
7-2	Pavement Design Procedure	A- 7
7-3	Structure Type Determination Procedure	A- 9
Annex Fig. 7-1	Typical Cross Section for Cost Estimate of New Road Construction	A-11
Fig. 7-2	Alternative Routes between Nogales and Buga	A-13
Fig. 7-3	Passing Method of Landslide Area	A-14
Fig. 7-4	Passing Los Andes	A-15
Annex Table 7-1	Permissible Discharge by Structure Type	A-16
Table 7-2	Bridge Inventory along the Chaparral Route	A-17
Table 7-3	List of Specific Landslide and Countermeasures	A-19

Annex 8

Annex Table 8-1	Construction Quantities and Cost of Chaparral Route	
-1	Castilla-Chaparral	A-20
-2	Chaparral-Sta. Lucia	A-21
-3	Sta. Lucia-Nogales	A-22
-4	Nogales-Buga	A-23
-5	Nogales-Buga (via San Antonio)	A-24
-6	Preventive Work Chaparral-Sta. Lucia	A-25
-7	" Sta. Lucia-Nogales	A-26
-8	Depression Los Andes	A-27
8-2	Quantities of Materials to be Procured	A-28
8-3	Required Quantity of Principal Equipment	A-29

Annex 9

Annex 9-1	Benefits by Diverted Traffic	A-30
9-2	Benefits by Existing Traffic	A-31
Annex Table 9-1	Economic Vehicle Operating Cost	
	Existing Route Without Project	A-32
9-2	Economic Vehicle Operating Cost	
	Existing Route with Project	A-33
9-3	Economic Vehicle Operating Cost - New Route	A-34
9-4	Average Running Speed	
	(Existing Route without Project)	A-35
9-5	Average Annual Running Mileage	
	(Existing Route without Project)	A-36

9-6	Fuel Consumption(Existing Route without Project)	A-37
9-7	Depreciation and Interest Cost (Existing Route without Project)	A-38
9-8	Fixed Cost (Existing Route without Project)	A-40
9-9	tyre Cost (Existing Route without Project)	A-42
9-10	Vehicle Maintenance Cost (Existing Route without Project)	A-44
9-11	Economic Cost of Vehicle Operation (Existing Route without Project)	A-47
9-12	Average Running Speed (Existing Route with Project)	A-50
9-13	Average Annual Running Mileage (Existing Route with Project)	A-51
9-14	Fuel Consumption (Existing Route with Project)	A-52
9-15	Depreciation and Interest Cost (Existing Route with Project)	A-53
9-16	Fix Cost (Existing Route with Project)	A-55
9-17	Tyre Cost(Existing Route with Project)	A-57
9-18	Vehicle Maintenance Cost (Existing Route with Project)	A-59
9-19	Economic Cost of Vehicle Operation (Existing Route with Project)	A-62
9-20	Average Running Speed (New Route)	A-65
9-21	Average Annual Running Mileage (New Route)	A-66
9-22	Fuel Consumption (New Route)	A-67
9-23	Depreciation and Interest Cost (New Route)	A-68
9-24	Fixed Cost (New Route)	A-70
9-25	Tyre Cost (New Route)	A-72
9-26	Vehicle Maintenance Cost (New Route)	A-74
9-27	Economic Cost of Vehicle Operation (New Route)	A-77
9-28	Traffic Cost	A-80
9-29	Economic Cost Stream	A-83
9-30	Benefits Stream	A-84
9-31	Construction Cost by MOPT Cost Data	A-85

Annex Table 4-1 Average Vehicle Speed with Project on Existing Road
(0% Diversion)

Road Section	1990			2000			2010				
	Pass.Car	Bus	H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck	H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck	H.Truck
	Bypass-Mirolindo	56	54	51	43	52	52	50	41	50	49
Mirolindo-Ibague	52	49	44	36	52	49	44	36	49	42	34
Ibague-Coello	34	32	26	22	29	27	25	21	25	24	21
Coello-K73	34	32	26	22	29	27	25	21	25	24	21
K73-Cajamarca	35	33	27	22	30	28	26	22	26	25	21
Cajamarca-K104.3	36	34	28	23	33	31	27	23	28	26	22
K104.3-La Linea	27	25	22	16	23	22	21	15	20	20	15
La Linea-K124.5	25	24	20	14	21	20	19	13	18	18	13
K124.5-Calarca	29	26	23	17	24	23	22	16	21	21	16
Calarca-LaEspañola	58	27	55	46	55	53	53	46	51	51	44
La-Española-Sevilla	45	41	36	31	39	37	35	29	36	34	29
Sevilla-Urbe	40	39	32	28	37	35	31	28	33	30	27
Urbe-Buga	63	63	61	51	61	61	60	48	59	59	46

Annex Table 4-2 Average Vehicle Speed on New Road (km/h) (0% Diversion)

Road Section	1990			2000			2010				
	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck		
Bypass-Espinal	65	65	63	51	63	61	51	61	61	60	51
Espinal-Guamo	68	67	65	54	65	64	54	63	63	63	50
Guamo-Castilla	68	68	66	54	65	65	54	63	63	63	50
Castilla-Coyaima	74	74	69	59	74	69	59	74	74	69	59
Coyaima-Chaparral	59	54	51	41	59	54	41	59	54	51	41
Chaparral-Km 66.75	45	42	35	29	45	42	29	45	42	35	29
Km 66.75-Hermozas	43	41	34	28	43	41	28	43	41	34	28
Hermozas-Km 105.75	37	34	27	21	37	34	21	37	34	27	21
Km 105.75-Km 120.25	36	33	26	20	36	33	20	36	33	26	20
Km 120.25-Sta.Lucia	38	35	28	22	38	35	22	38	35	28	22
Sta.Lucia-Km 149	34	31	24	17	34	31	17	34	31	24	17
Km 149-Nogales	36	33	26	20	36	33	20	36	33	26	20
Nogales-D.Diluvio	38	35	29	22	38	35	22	38	35	29	22
D.Diluvio-Buga	38	35	29	22	38	35	22	38	35	29	22

Annex Table 4-3 Average Vehicle Speed with Project on Existing Road (50% Diversion)

Road Section	1990			2000			2010					
	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck			
Bypass-Mirolindo	56	54	51	43	52	52	50	41	50	50	49	39
Mirolindo-Ibague	52	49	44	36	52	49	44	36	49	47	42	34
Ibague-Coello	35	32	26	22	32	29	25	22	27	26	24	21
Coello-K 73	35	32	26	22	32	29	25	22	27	26	24	21
K 73-Cajamarea	35	33	27	22	30	28	26	22	26	26	25	22
Cajamarca-K 104.3	37	34	29	23	34	31	28	23	29	28	27	23
K 104.3-La Linea	27	25	22	16	23	22	21	16	20	20	20	15
La Linea-K 124.5	25	24	20	14	21	21	19	14	18	18	18	13
K 124.5-Calarca	29	27	23	17	25	24	22	17	22	22	22	16
Colarca-La Espanola	59	57	55	46	56	55	53	46	52	52	52	46
La Espanola-Sevilla	45	41	36	31	41	38	35	31	36	35	34	29
Sevilla-Urbe	41	39	32	28	39	36	31	28	34	33	30	27
Urbe-Buga	65	63	61	51	62	61	60	48	59	59	59	46

Annex Table 4-4 Average Vehicle Speed on New Road (km/h) (50% Diversion)

Road Section	1990			2000			2010				
	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass Car	Bus	L.Truck H.Truck	Pass.Car	Bus	L.Truck H.Truck		
Bypass-Espinal	66	65	63	51	63	62	62	51	61	61	48
Espinal-Guamo	68	67	65	54	64	64	64	51	62	62	50
Guamo-Castilla	68	68	66	54	65	65	65	51	63	63	51
Castilla-Coyaima	74	74	69	59	74	74	69	59	74	74	59
Coyaima-Chaparral	59	54	51	41	59	54	51	41	59	54	41
Chaparral-Km 66.75	45	42	35	29	45	42	35	29	45	42	29
Km 66.75-Hermezas	43	41	34	28	43	41	34	28	43	41	28
Hermezas-Km 105.75	37	34	27	21	37	34	27	21	37	34	21
Km 105.75-Km 120.25	36	33	26	20	36	33	26	20	36	33	20
Km 120.25-Sta.Lucia	38	35	28	22	38	35	28	22	38	35	22
Sta.Lucia-Km 149	34	31	24	17	34	31	24	17	34	31	17
Km 149-Nogales	36	33	26	20	36	33	26	20	36	33	20
Nogales-D.Diluivio	38	35	29	22	38	35	29	22	38	35	22
D.Diluivio-Buga	38	35	29	22	38	35	29	22	38	35	22

Annex 7-1 The Determination of Typical Cross Section

To minimize the construction cost of the new Melgar-Buga Road, more economical road width is discussed by the Report¹⁾.

(1) Assumptions

- a. Road conditions
 1. 2 lane road with two direction traffic
 2. Mixed traffic and Located at altitude 3,000 meter with vertical gradient 7.5%.
- b. Traffic volume
 1. 893 VPD in 1980
 2. 1,370 VPD in 1991
 3. 3,820 VPD in 2010
- c. Peak Traffic
 1. Peak hour ratio 7%
 2. Peak traffic volume in 2010 (Traffic demand) 270/hr
- d. Design service level in the Final year = C

(2) Analysis

From Fig. 4 and 16 of the above report

$$C_c = 440 \text{ vehicles/hr}$$

The following equation is established:

$$C_c \times \underline{W} = \text{Traffic Demand}$$

where, required modification factor $\underline{W} = \frac{\text{Traffic Demand}}{C_c} = \frac{270}{440} = 0.61$

From Table-III of the above Report, the following alternatives are considered for service level C and obstructions on both sides.

$$2 \text{ lane} \times 3.60\text{m} + 0.00\text{m shoulder} = 7.20\text{m (a)}$$

$$\underline{W} = 0.76$$

$$2 \text{ lane} \times 3.30\text{m} + 0.00\text{m shoulder} = 6.60\text{m (b)}$$

$$\underline{W} = 0.67$$

$$2 \text{ lane} \times 3.00\text{m} + 0.00\text{m shoulder} = 6.00\text{m (c)}$$

$$\underline{W} = 0.62$$

1) Luis Holguin: Conceptos de Diseño y de Nivel de Servicio y Evaluación de la Capacidad en Carreteras de Montana.

As far as the traffic capacity is concerned, (c) is good. However, from the view point of much more heavy traffic on the new road, 3.00 meter width for one lane is too narrow. Consequently 3.30m lane width of (b) is selected as an appropriate plan. Other elements composed of road width are decided from the experience as follows.

Paved lane	$3.30 \times 2 = 6.60\text{m}$
Shoulder	0m
Side ditch or Gutter	
at mountain side	1.00m
at Valley side	0.60m
Shoulder (extra)	0.60m
<hr/>	
Total	8.80m

Annex 7-2 Pavement Design Procedure

7-2-1 Pavement Design for New Construction

The design criteria to be followed are those described in the Asphalt Institute Manual Series (MS-1)
Given Initial Daily Traffic (IDT) is 893 vehicles per day in 1980.

Assume annual growth rate = 5%

IDT = 1,370 in 1990

Number of Heavy Trucks = $1,370 \times \frac{50}{100} \times \frac{50}{100} = 340$

Average Gross weight = 26,000 lbs.

Single Axle Equivalent = 18,000 lbs.

a) CBR = 6%

b) ITN = 135 (Initial Traffic Number)

c) DTN = $135 \times 1.67 = 226$ (Design Traffic Number)

(By Interpolation from Table III-3)¹⁾

d) TA = 9.0 inches Thickness of asphalt concrete (from Fig. V-1)²⁾

e) Minimum thickness of asphalt concrete is considered to be 3 inches.

$9.0 - 3.0 = 6.0$ inches

f) 6.0 inches is substituted by granular base

$3.0 \text{ inches} \times 2.0^* = 6.0 \text{ inches}$ say 15cm Base

$3.0 \text{ inches} \times 2.7^* = 8.0 \text{ inches}$ say 20cm Subbase

* Substitution Factor from Design Manual (MS-1)

g) Stage Construction

At the first stage, 2 inches (5cm) thickness of asphalt concrete is paved.

$TA_1 = 8.0$ inches

DTN = 60 (from Fig. V-1)²⁾

Adjustment Factor = $\frac{60}{135} = 0.45$

Adjustment Factor 0.45 indicates 9 years of Design Period from Table III-3.¹⁾

At the second stage additional 1.0 inch (2.5cm) thickness of asphalt concrete should be added after 9 years.

The advantages of stage construction include more accurate analysis of traffic, and probably, more effective use of funds.

Note: 1) Table III-3 of Asphalt Institute Manual Series (MS-1)

2) Fig. V-1 of Asphalt Institute Manual Series (MS-1)

7-2-2 Pavement Design for Gravel Road Improvement

Traffic condition is the same as above.

- a) CBR = 6%
- b) ITN = 135 (Initial Traffic Number)
- c) DTN = 226 (Design Traffic Number)
- d) TA = 9.0 inches Thickness of asphalt concrete
- e) Assume the minimum thickness of asphalt concrete is 2.0 inches, which is suggested for new road construction.

$$9.0 - 2.0 = 7.0 \text{ inches}$$

- f) 7.0 inches is substituted by granular base.

$$4.0 \text{ inches} \times 2.0^* = 8.0 \text{ inches} \quad \text{say 20cm Base}$$

$$3.0 \text{ inches} \times 2.7^* = 8.0 \text{ inches} \quad \text{say 20cm Subbase}$$

Where, existing gravel thickness can be substituted for Subbase course.

* Substitution Factor for Design Manual.