



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA  
Instituto Colombiano de Energía Eléctrica

*Oficina de Planeación*

*ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION DE POTENCIA DE LA  
CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA*

Bogotá, D.E. Septiembre de 1984

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

**ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION DE POTENCIA DE LA  
CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA**

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

Septiembre de 1984

El sistema de transmisión existente por el lado de la subestación de Betania de la Central Hidroeléctrica de Betania, comprende 20 líneas de transmisión de 132 KV y 10 líneas de 115 KV, con una longitud total de 10000 metros.

## INTRODUCCION

El esquema de transmisión planeado por el ICEL e ISA para la evacuación de potencia de la Central Hidroeléctrica de Betania, contempla la construcción de dos líneas de transmisión a 220 KV y una a 115 KV, con las siguientes características:

Línea	Tensión (KV)	Longitud (Km)	Entrada en operación
Betania-Neiva	115	30	1983
Betania-Popayán	230	145	1986
Betania-Ibagué	230	210	1989

Para 1986 se tendrán en operación las líneas Betania-Popayán a 230 KV y Betania-Neiva a 115 KV, con las cuales se asegura la evacuación de potencia de la Central Betania y buenos niveles de tensión en el sistema, como puede observarse en la figura 5.

Para 1989 entrará en operación la línea Betania-Ibagué a 230 KV, la cual aumentará la confiabilidad de evacuación y afirmará el sistema por problemas de estabilidad que pudieran presentarse.

El período de construcción de la línea Betania-Popayán se estima en 22 meses, sin haberse iniciado hasta la fecha. Es importante anotar que la necesidad de esta línea fue propuesta por el ICEL desde hace varios años, y desde 1981 se iniciaron los trámites para la adjudicación del suministro de equipos, diseños y construcción. A continuación se relacionan los diferentes pasos que el ICEL ha realizado para iniciar la construcción de dicha línea:

1. Mediante Resolución No.1485 de octubre 21 de 1981, el ICEL abrió la Licitación Pública Internacional No.DEF-290-12-A para el diseño, fabricación, suministro, transporte, manejo en puerto, nacionalización y entrega en el sitio de la obra estructuras metálicas, conductores, aisladores, herrajes y accesorios y construcción de las obras civiles, montaje, pruebas y puesta en servicio de la línea de transmisión a 230 KV entre las subestaciones de Betania y Popayán.
2. Mediante Resolución No.0246 de febrero 18 de 1982 el ICEL adjudicó al Consorcio conformado por SADE (Brasil), SADE (Colombia) y Sveca, dicha licitación.
3. Con fecha 8 de marzo de 1983, se firmó entre las partes el contrato de construcción y se iniciaron los trámites de perfeccionamiento del contrato y negociación de contratos financieros.
4. Con fecha 16 de marzo de 1984, la Sala de Consulta y Servicio Civil del Consejo de Estado declaró ajustado a la Ley el Contrato No.4557, paso final para quedar perfeccionado y así iniciar las correspondientes obras.
5. El ICEL para el pago de los materiales a utilizar en la línea, contrató con el Sumitomo Bank Limited la financiación del 15% del valor CIF de todos los materiales, con el American Express

International Banking Corporation la financiación del 85% del valor CIF de los materiales de procedencia italiana y con el American Express International Banking Corporation concesionario del Banco Safra, la financiación del 85% del valor CIF de los materiales de procedencia Brasileira.

6. Para obtener los equipos necesarios para la línea, el ICEL ha venido gestionando ante el Incomex, desde el mes de abril de 1984, la aprobación de los registros de importación por un valor total de US\$ 3.880.566.40, de los cuales solo ha sido aprobado (julio 25/84) el del conductor, quedando pendientes el de las estructuras y stubs, elementos que definen la real iniciación de las actividades de campo.

La siguiente es la lista de los registros que se radicaron en el Incomex:

Descripción suministro	Vr.US\$	País	Radicación
Accesorios y material puesta a tierra	291.144.55	Brasil	53853
Cadenas, aisladores y herrajes	318.451.16	Brasil	50726
Torres metálicas	2.986.796.09	Italia	50729
Cable de guarda	284.174.61	Italia	50727

7. Se adjuntó a los registros copia del Contrato No.4557, contratos financieros, resoluciones de adjudicación, evaluaciones de diferentes propuestas, concepto del Consejo de Estado y copia de la propuesta.

Es preciso anotar que al Consorcio al cual fue adjudicada la licitación para la construcción de la línea, se le hizo entrega del anticipo por parte del ICEL, en moneda extranjera el 2 de mayo de 1984, por US\$ 1.797.279.98 y posteriormente, en agosto 9, se efectuó el giro por parte del Instituto del anticipo en moneda local por valor de \$80.541.206.90.

De otra parte, el contrato de la línea Betania-Popayán se ha venido desarrollando normalmente en lo relacionado con los diseños de estructuras, pruebas y fabricación de conductores y herrajes. Paralelamente a las actividades anteriores, SADE según carta de agosto 10./84 dirigida a la H. Junta Directiva, ha efectuado una reclamación sobre la reestructuración del equilibrio económico del contrato. Igualmente otra carta a la Gerencia del ICEL fechada en agosto 29/84. Al respecto, la Oficina Jurídica del ICEL preparó la respuesta pertinente. Es de anotar que en la fecha de reclamación de SADE, la interventoría venía siendo realizada por intermedio del ICEL y posteriormente le fue adjudicada a la firma "CRA" (Consultores Regionales Asociados), en agosto 30 de 1984.

Evaluando todo el proyecto en conjunto, éste se encuentra desplazado aproximadamente en mes y medio del cronograma establecido contractualmente, con lo cual la línea entraría en operación en abril de 1986, mes en el que se están realizando las pruebas de la segunda unidad de la Central Hidroeléctrica de Betania.

Teniendo en cuenta los problemas mencionados, se realizó el siguiente estudio con el fin de determinar la potencia de la Central, que puede ser evacuada por el sistema de 115 KV.

EVACUACION DE POTENCIA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE BETANIA POR  
EL SISTEMA DE 115 KV

---

OBJETIVO

El presente documento contiene estudios sobre la operación de la Central Hidroeléctrica de Betania y alternativas de ampliación del sistema de transmisión de 115 KV, al considerarse un atraso en la construcción de la línea Betania-Popayán a 230 KV, la cual está prevista para entrar en operación en febrero de 1986.

Se aclara que estos estudios fueron realizados para un análisis de estado estacionario. (No considera estabilidad y corto circuito)

CARACTERISTICAS ACTUALES DEL SISTEMA

<u>Líneas</u>	Tensión (KV)	No. cir- cuitos	Tipo con- ductor	Límite térmico (MVA)
Betania-Neiva	115	2	Lark	89
Neiva-Prado	115	2	Oriole	40
Prado-Flandes	115	2	Oriole	40

Nota: Las características de las líneas citadas, son dadas por circuito.

<u>Subestaciones</u>	Relación de tensión (KV)	Capacidad de transfor- mación (MVA)
Betania	230/115	90/120/150

## ANÁLISIS

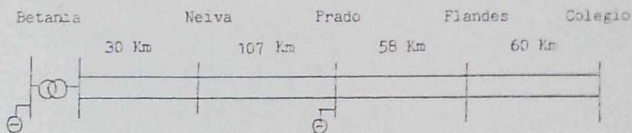
### 1. Alternativas para la Evacuación de Potencia

El estudio fue realizado para el año de 1986, año en el cual empieza a operar comercialmente la Central de Betania. Se presentan seis alternativas para la ampliación del sistema de transmisión a 115 KV.

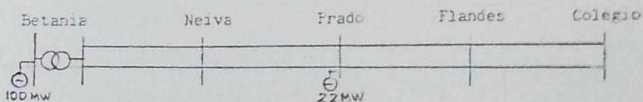
En el documento "Evacuación de Potencia de la Central de Betania por el Sistema a 115 KV", de julio de 1984, se presenta un análisis técnico para el año de 1985, año en el cual se harán las primeras pruebas de ésta.

En línea gruesa se presenta el esquema existente y en punteada la ampliación requerida, para evacuación de la correspondiente generación.

Sistema existente a 115 KV:



Alternativa 1: (Betania 100 MW - Prado 22 MW)

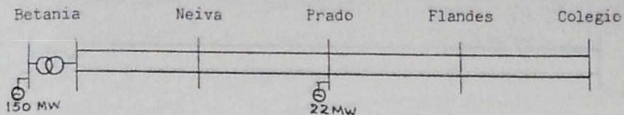


Requerimientos:

- Kilómetros de línea adicionales a 115 KV = 0
- Costo total = US\$ 0



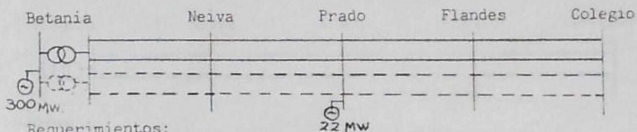
Alternativa 2: (Betania 150 MW - Prado 22 MW)



Requerimientos:

- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV = 0
- Costo total = US\$ 0

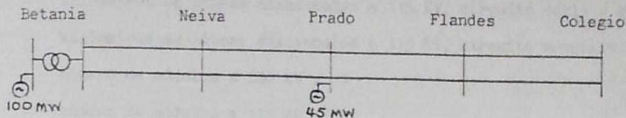
Alternativa 3: (Betania 300 MW - Prado 22 MW)



Requerimientos:

- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV, circuito doble 255
- Número de módulos a 230 KV = 1
- Número de módulos a 115 KV = 17
- Capacidad de transformación 230/115 KV = 150 MVA
- Costo = 255 X US\$ 74.000 + 17 X US\$ 302.000 + US\$ 670.000 + US\$ 1.500.000
- Costo total = US\$ 26.174.000
- El tiempo estimado de construcción de dichas líneas es de tres años, a partir de la fecha.

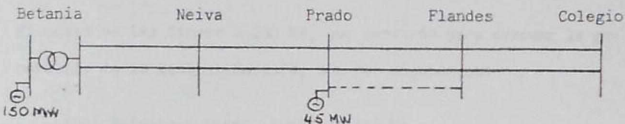
Alternativa 4: (Betania 100 MW - Prado 45 MW)



Requerimientos:

- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV = 0
- Costo total = US\$ 0

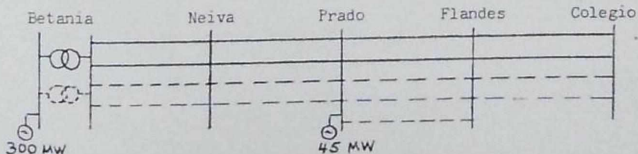
Alternativa 5: (Betania 150 MW - Prado 45 MW)



Requerimientos:

- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV, circuito sencillo 58
- Número de módulos a 115 KV = 2
- Costo = 58 X US\$ 54.000 + 2 X US\$ 302.000
- Costo total = US\$ 3.736.000
- Tiempo estimado de construcción = 2 años, a partir de la fecha

Alternativa 6: (Betania 300 MW - Prado 45 MW)



Requerimientos:

- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV, circuito doble = 255
- Kilómetros de líneas adicionales a 115 KV, circuito sencillo = 58
- Número de módulos a 230 KV = 1
- Número de módulos a 115 KV = 19
- Capacidad de transformación 230/115 KV = 150 MVA
- Costo =  $255 \times \text{US\$ } 74.000 + 58 \times \text{US\$ } 54.000 + \text{US\$ } 670.000 + 19 \times \text{US\$ } 302.000 + \text{US\$ } 1.500.000$
- Costo total =  $\text{US\$ } 29.910.000$

Costo de las líneas a 230 KV, Betania-Popayán y Betania-Ibagué:

El costo de las líneas a 230 KV, que servirán para evacuar la generación de la Central Betania, son los siguientes:

- Línea Betania-Popayán, longitud 145 Km  
Costo =  $145 \times \text{US\$ } 90.000 + 4 \times \text{US\$ } 670.000$   
Costo total =  $\text{US\$ } 15.730.000$
  
- Línea Betania-Ibagué, longitud 210 Km  
Costo =  $210 \times \text{US\$ } 90.000 + 4 \times \text{US\$ } 670.000$   
Costo total =  $\text{US\$ } 21.580.000$

CUADRO DE COSTOS DE LAS OBRAS ADICIONALES  
PARA LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Generación en Betania y Prado (MW)	Km. Línea 2 cto.115KV	Km. Línea 1 cto.115KV	No. Módulos 115 KV 230		Capacidad Trans. (MVA)	Costo total US\$
BETANIA (100) PRADO (22)	--	--	-	-	--	
" (150) " (22)	--	--	-	-	--	
" (300) " (22)	255	--	17	1	150	26.174.000
" (100) " (45)	--	--	-	-	--	
" (150) " (45)	--	58	2	-	--	3.736.000
" (300) " (45)	255	58	19	1	150	29.910.000

CUADRO DE LAS CARACTERISTICAS Y COSTO DE LAS LINEAS  
BETANIA-POPAYAN Y BETANIA-IBAGUE (230 KV)

	Longitud (Km)	No. módulos (230KV)	Costo Total US\$
BETANIA-POPAYAN	145	4	15.730.000
BETANIA-IBAGUE	210	4	21.580.000

Nota: Los cálculos de costo de los esquemas a 115 KV y las líneas a 230 KV,  
fueron hechos con precios de junio de 1983.

## 2. Análisis Técnico

Básicamente este análisis se refiere a cuatro situaciones de operación de la Central Hidroeléctrica de Betania e Hidroprado, cuyos resultados son consignados en las figuras 1 a 4. Estos resultados muestran leves sobrecargas en el transformador de Betania y en la línea Prado-Flandes, situación última que puede ser mejorada en la medida en que se baje la generación de Hidroprado (ver figuras 2 y 4)

Obsérvese además en las figuras 1, 2, 3 y 4 el desmejoramiento en los niveles de tensión del sistema, en la medida en que son sobrecargadas las líneas y el transformador de Betania, como resultado del aumento de generación en la Central Hidroeléctrica de Betania.

También se puede notar en dichas figuras la necesidad de generar un mínimo de reactivos en la Central Hidroeléctrica de Prado, del orden de los 12 MVAR, con el fin de mantener adecuados niveles de tensión en los nodos de Bagué, Diamante y Flandes.

## 3. Implicaciones Económicas por el atraso de la Línea Betania-Popayán

De no entrar en operación, en la fecha prevista, la línea Betania-Popayán a 230 KV, la demanda de los sistemas ~~Cedelca y Cedenar~~ sería suministrada por intermedio de ISA, dejando de percibir dichos ingresos la Central Hidroeléctrica de Betania.

La demanda de energía para los sistemas del Cauca y Nariño, es la siguiente:

Fecha	CEDELCA	CEDENAR
1986 (Julio-Diciembre)	74.345.31 MWH	144.941.63 MWH
1987 (Enero-Diciembre)	289.883.26 MWH	328.977.76 MWH

Estas cifras son el resultado de la diferencia entre la demanda y la generación disponible en la zona.

Los recursos dejados de percibir en Betania, provenientes de los sistemas Cedelca-Cedenar, son:

	CEDENAR	CEDELCA
- De julio a diciembre de 1986:	629.046.670	315.224.119
- De enero a diciembre de 1987:	1.730.423.000	893.393.190

El total de recursos que dejaría de percibir Betania por venta de los sistemas del Cauca y Nariño serían:

- 1986.....	\$ 944.270.780
- 1987.....	\$ 2.623.816.200

Dichos costos se calcularon con base en la tarifa de compra de energía de Cedelca y Cedenar al sistema y proyectados a partir de 1983 con un crecimiento entre un 18 y un 20%.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. Solamente puede efectuarse un despacho en la Central Hidroeléctrica de Betania y Prado de 140 MW y 22 MW, en operación continua para el período de carga pico. Estas limitaciones de generación son debidas a las restricciones que por capacidad presenta el sistema de transmisión a 115 KV.
2. Es urgente y prioritaria la entrada en operación de la línea Betania-Popayán a 230 KV, en febrero de 1986, fecha prevista inicialmente, puesto que lo contrario representa una enorme pérdida de recursos provenientes de la venta de energía de dicha Central.
3. Ampliar el sistema de 115 KV con el fin de aumentar la capacidad de transporte en 150 MW no es conveniente, ya que resultaría más costoso que las líneas Betania-Popayán o Betania-Ibagué a 230 KV, las cuales tienen la capacidad para evacuar los 510 MW de la Central de Betania.
4. Respecto a la generación de Hidroprado y considerando el sistema actual de 115 KV, es necesario generar en horas de máxima demanda un mínimo de 12 MVAR en ésta, a fin de mantener niveles de tensión aceptables en los nodos de Ibagué, Diamante y Flandes.
5. Respecto a la financiación de la línea, si se dan los recursos de Presupuesto Nacional, los cuales se asignaron por cuota Conpes \$200 millones, no debe presentarse ningún atraso en su construcción.

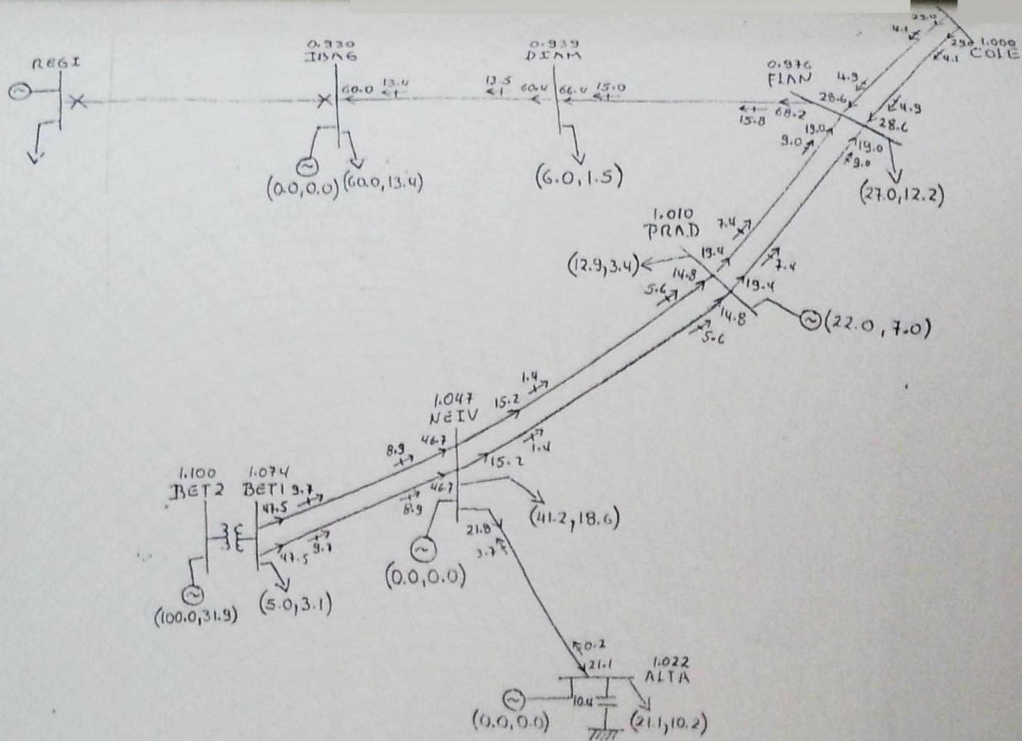


FIGURA No. 1



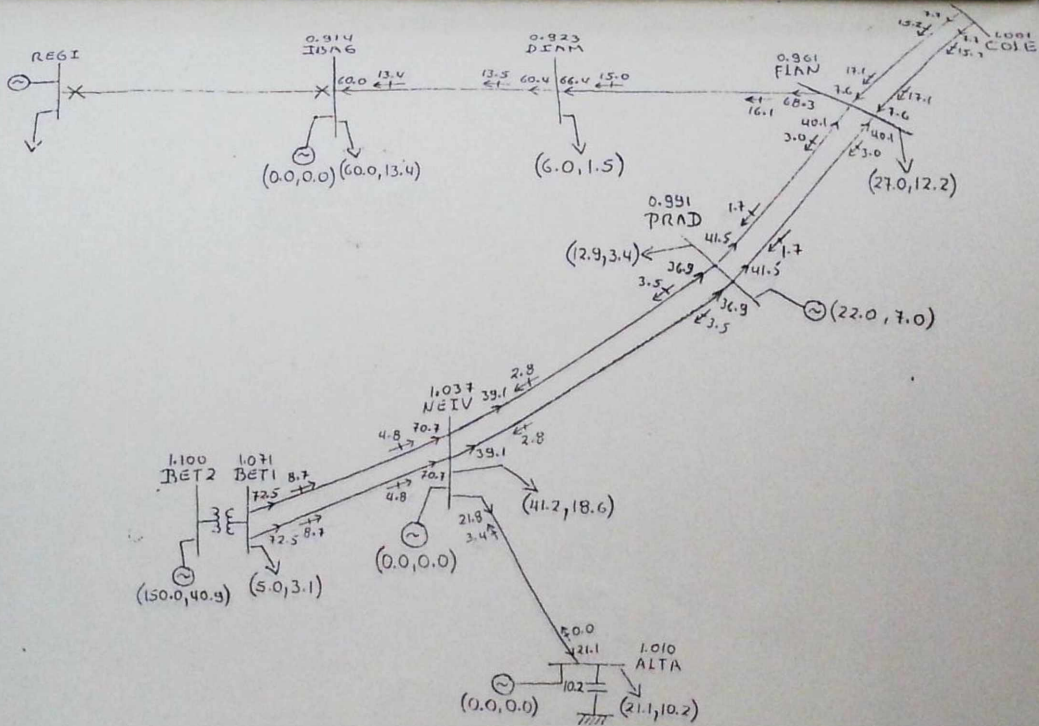


FIGURA No.2

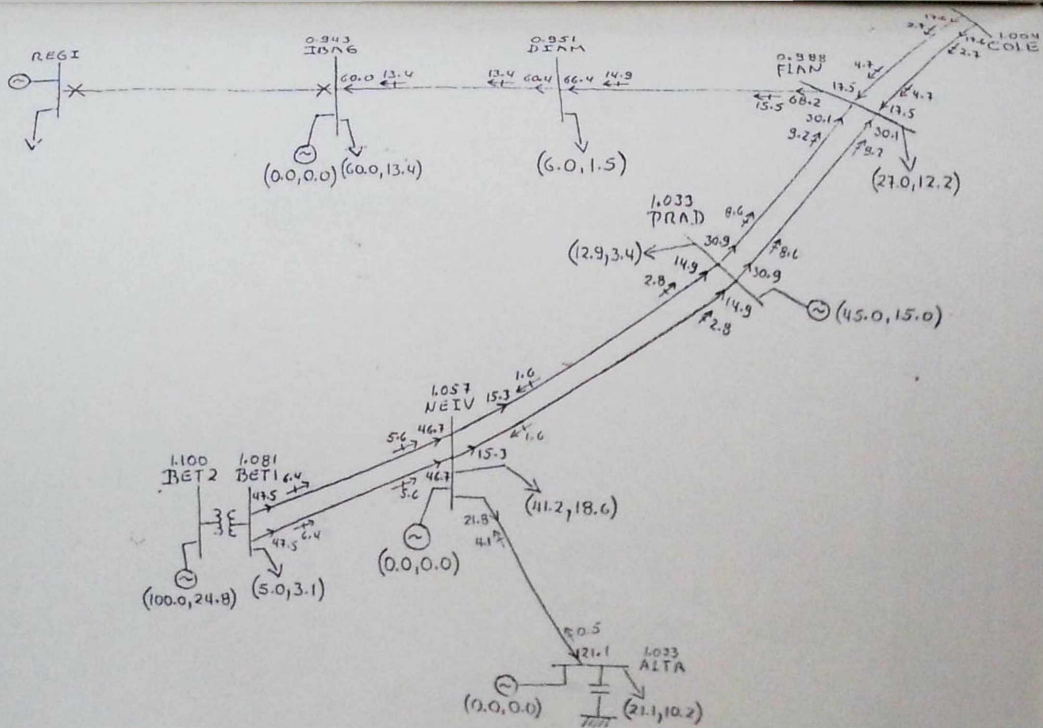


FIGURA No. 3

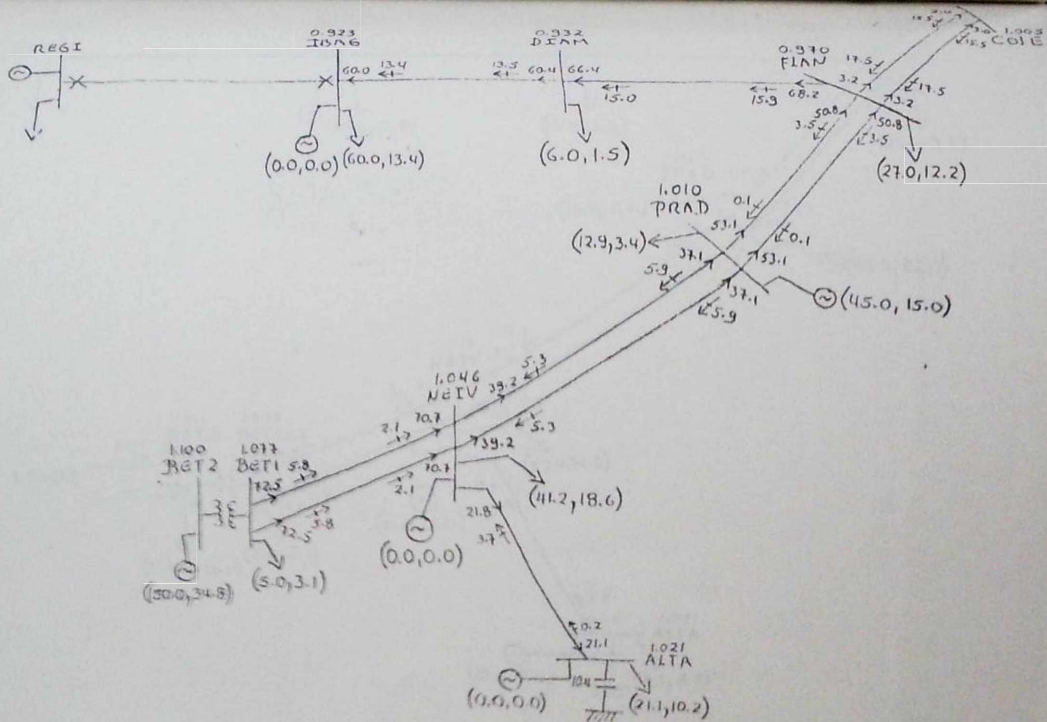


FIGURA No. 4