

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Construcción de un Analizador de Redes de Flujo
Laminar Mediante Analogía Eléctrico-Hidráulica

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

José Pablo Alvarado Torres

Monterrey, N. L.

Noviembre 1978

177

1

T

TC177

A4

C.1



1080060773

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**Construcción de un Analizador de Redes de Flujo
Laminar Mediante Analogía Eléctrico - Hidráulica**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

José Pablo Alvarado Torres

Monterrey, N. L.

Noviembre 1978

T/
TC177
A4

040.532
FA1
1978
C.5



F tesis



A MIS PADRES (FINADOS)

**Sra. Alejandra Torres
Sr. Pablo Alvarado**

A MI ESPOSA

Sra. Socorro Gómez de Alvarado

Mi fiel compañera, que en forma callada y sufriente fue copartícipe, en grado sumo, de mis desvelos y sacrificios y con su abnegación fue capaz de encender el fuego inquietante de mi superación profesional.

A MIS HIJOS

Como el náufrago, que jadeante a la playa llega, así he llegado pero, enmudezco, ante aquellos, que soportaron el ayuno de la comunicación paternal, a cambio de no perturbar mi ideal. Hoy humildemente, agradezco su elocuente silencio.

A MIS HERMANOS

**Desiderio Alvarado Torres
Jerónima Alvarado Torres
Cruz Alvarado Torres**

A MIS AMIGOS

Que en virtudes personales, fueron, cual pedregales motivo de inspiración profesional y en esa amistad, encontré siempre la certidumbre de una auténtica fraternidad.

A MI TIERRA

Rincón de mi patria, que asombrado ante la verticalidad del cactus, hace caso omiso a la agreste tierra, asimismo, en la ruda tonalidad del hacha, modeló mi espíritu; por ello digo "Con épica sordida, mi tierra es impecable y diamantina".

A MIS MAESTROS

"El honor a los grandes, es competencia de los mayores" pero sirvan estos modestos renglones, para rendir homenaje a la pléyade de hombres, que -- fueron para mí, el rico manantial de fresca agua -- en el tiempo de sequedad: A mis maestros, que -- tras ellos iba, como iba tesoneramente la Moabitaruth, tras los segadores de Bozz, recogiendo con -- decisión y gran fe, los granos de trigo intelectual que en el surco dejaban caer. LOOR A ELLOS.

ESPECIALMENTE

ING. JORGE VILLARREAL

ING. VICENTE ANGELES GARZA

Por su colaboración en la realización de este -- trabajo.

Se agradece la colaboración del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la U.A.N.L., para la realización de este trabajo.

DIRECTOR: ING. RAUL BRAULIO RODRIGUEZ PEÑA.

I N D I C E

	PAG.	
I	INTRODUCCION	1
II	LITERATURA REVISADA	2
III	MATERIALES Y METODOS	12
IV	DISCUCION Y RESULTADOS	21
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
VI	RESUMEN	27
VII	BIBLIOGRAFIA	28
VIII	APENDICE	29

INDICE DE TABLAS

	PAG.	
1	FORMULAS Y SIMBOLOGIA USADAS	5
2	COSTOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA CONSTRUCCION DEL ANALIZADOR DE CORRIENTE - DE FLUJO	9
3	CALCULO DE LA RED HIDRAULICA POR EL METODO DE CROSS.	15
4	CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN DE LA RED HIDRAULICA PROPUESTA.	16
5	RESUMEN DEL CALCULO DE LA RED HIDRAULICA - PROPUESTA.	17
6	REGISTRO DE LAS CAIDAS DE VOLTAJE DE LA -- RED ELECTRICA.	20
7	RESUMEN DEL CALCULO DE LAS MEDICIONES DE - LA RED ELECTRICA.	24
8	CUADRO COMPARATIVO DE LOS VALORES DE GAS-- TOS Y Hf OBTENIDOS MEDIANTE ANALOGIA ELEC- TRICO-HIDRAULICA Y LOS CALCULADOS POR METO DOS ANALITICOS.	25

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
1	DIAGRAMA ELECTRICO DEL ANALIZADOR 10
2	VISTA INTEGRAL DEL ANALIZADOR DE FLUJO 11
3	CROQUIS DE LA RED HIDRAULICA CALCULADA 14
4	CROQUIS DE LA RED ELECTRICA 18
5	MEDICION DE LAS CAIDAS DE VOLTAJE MEDIANTE EL ANALIZADOR SIMPSON 19
6	REGISTRO DE LAS CAIDAS DE VOLTAJE DURANTE- LAS MEDICIONES CON EL ANALIZADOR SIMPSON..... 20
7	NOMOGRAMA QUE RELACIONA LA VARIACION DE LA VISCOCIDAD CINEMATICA DEL AGUA CON LA TEM- PERATURA 30

INTRODUCCION

La rápida solución a los problemas de flujo de agua en redes de tuberías mediante métodos analíticos, resulta difícil, porque se tienen que resolver complicadas - - ecuaciones matemáticas, hacer uso de monogramas o realizar algunas suposiciones simplificatorias del problema en cuestión, que no siempre resultan acertadas. -- Por esta razón, surgen como una simplificación y complemento de los métodos analíticos, los métodos analógicos y los métodos de análisis numéricos.

Los métodos analógicos consisten en interpretar las variables de una ecuación que caracteriza un fenómeno dado, como si fueran las variables correctas de otra ecuación que caracteriza a un fenómeno físico diferente. Las soluciones obtenidas en un sistema pueden interpretarse como la solución del otro sistema, donde los parámetros variables independientes de cada sistema, - - guardan una relación proporcional.

El objetivo del presente trabajo consiste en establecer un método de análisis analógico entre la conducción del agua a régimen laminar, por medio de redes de tuberías, contra la conducción de corriente eléctrica en redes de conductores. La finalidad de este trabajo es con fines académicos; ya que, resulta de poca o ninguna utilidad práctica. Lo que se quiere demostrar es - el uso de los Métodos Analógicos para la solución de - un problema, aparentemente fácil, por los medios analíticos; como lo es, por ejemplo: la conducción del agua a régimen de flujo laminar en redes o sistemas de tuberías.

I.- LITERATURA REVISADA.

A.- Generalidades sobre el flujo de flúidos.

Un flúido es una substancia que puede fluir, es -- decir, un estado de la materia que se deforma -- continuamente cuando se le somete a la acción de -- una fuerza, por pequeña que ésta sea, y sin que -- ocurra una división de masas. (7)

Tomando en cuenta esta caracterización física, -- solamente los líquidos y los gases pueden consi-- derarse como flúidos, estrictamente hablando.

Cualquier flúido que tenga un volumen definido -- que varíe ligeramente con la presión y la tempera -- tura, adoptando la forma del recipiente que le -- contiene, sin llegar a ocupar el volumen total del mismo se considera como un flúido líquido. (2)

De acuerdo con lo anterior, se puede considerar -- que la electricidad en cierta forma es un flúido, es decir, aquel estado de la materia "electrones" capaces de fluir a través de un conductor, al -- aplicarles una fuerza de carácter electromagnéti -- co o potencial eléctrico.

Se puede definir un "flujo" como cualquier fenóme -- no que involucre un transporte de masa o energía, o ambos. Siendo, pues, un flujo de flúidos cual -- quier fenómeno que trate del movimiento de un -- flúido. (8)

Un flúido líquido en movimiento puede considerarse como un flujo de masa, mientras que un flujo-eléctrico es mejor considerarlo como un flujo -- de energía.

B.- Analogía eléctrico-hidráulica.

Cualquiera que sea el tipo de flujo en su descripción matemática, se aplican los principios -- de la conservación de la masa y la energía, así como el de la cantidad de movimiento. (6 y 7)

Para el caso del flujo de agua, los métodos analíticos conducen a ecuaciones como la de Chezy, -- Ver Tabla 1, que es de carácter general, particularizándose en ecuaciones más específicas, como la de Darcy-Weisbach, Ec. 2, que se usa para -- estimar las pérdidas de carga por fricción en -- tuberías. (3, 7)

Partiendo de la ecuación de Darcy-Weisbach y mediante análisis matemático, como se explica en -- el primer apartado del apéndice, se pueden obtener ecuaciones como la 3, que sirven para estimar directamente las pérdidas de carga por fricción a régimen de flujo laminar, con la longitud, gasto y diámetro como variables.

Asimismo, en el estudio de los fenómenos de conducción de corriente eléctrica se han determinado ecuaciones empíricas de estructura matemática similar a la Ec. 3, ver Ec. 6, Tabla 1. (1,2)

$$H_f = C_T \cdot Q \dots 3 \quad V_s = C_A \cdot I \dots 6$$

Esta circunstancia indica que si las literales de una ecuación se interpretan como los parámetros adecuados de otro sistema, las soluciones de un problema pueden servir como la solución de otro, donde las variables independientes y parámetros de un sistema dado constituyan ciertos -- valores múltiplos y submúltiplos del primer sistema.

Las hipótesis planteadas en el presente trabajo son las siguientes:

$$CT \propto CA$$

$$Q \propto I$$

$$Hf \propto AE$$

TABLA 1
 FORMULAS Y SIMBOLOS USADOS

AUTOR			
CHEZY . . .	$V = C$	R.H.S.	. . . 1
DARCY WEISBACH	$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$		. . . 2
	$H_f = CT. Q.$		. . . 3
OHM	$E = I. R.$		. . . 4
"	$AE = K. L_a I.$		. . . 5
"	$AE = CA. I.$		. . . 6
"	$I = \frac{AE}{CA}$		. . . 6A
"	$CA = K. L_a$		. . . 7
NIKURARDSE-HAGAN	$f = 64/Re$		. . . 8
OSBORNE REYNOLDS	$Re = \frac{V.D.}{\nu}$		. . . 9
	$Q = V.A.$		. . . 10
	$V = Q/A$		. . . 10A
	$V = \frac{Q}{0.7854 D^2}$		. . . 10B
	$R.H. = \frac{A}{P.M.}$		. . . 11
DARCY	$C = 8g/f$		. . . 12
	$A = 0.7854 D^2$		. . . 13
	$CT. = 4.12 \times 10^{-6} \frac{L}{D^4}$		. . . 14
	$N = \frac{CT1}{CT2}$		. . . 15
	$Kg = \frac{Q1}{I1}$		. . . 16
	$KE-H = N.Kg$		. . . 17

SIMBOLOGIA

SISTEMA HIDRAULICO

A.-	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DE UN CONDUCTO	M ²
Q.-	GASTO HIDRAULICO, CAUDAL O CORRIENTE	M ³ /SEG.
D.-	DIAMETRO INTERNO DE UNA TUBERIA	M
R.H.	RADIO HIDRAULICO EN	M
S.-	PENDIENTE HIDRAULICA EN	M/M.
Hf.-	PERDIDA DE CARGA POR FRICCION	M
L.-	LONGITUD	M
V.-	VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACION	M/SEG.
r.-	VISCOCIDAD CINEMATICA	M ² /SEG.
g.-	ACELERACION DEBIDA A LA GRAVEDAD	M/SEG ²
C.T.	CONSTANTE DEL TUBO EN	SEG/M ²
f.-	COEFICIENTE DE FRICCION DE DARCY ADIMENSIONAL	
C.-	COEFICIENTE DE FRICCION DE CHEZY ADIMENSIONAL	

SISTEMA ELECTRICO

E.-	TENSION ELECTRICA EN VOLTS
I.-	CORRIENTE ELECTRICA EN AMPERES
R.-	RESISTENCIA ELECTRICA EN OHM
AE.-	CAIDA DE TENSION ENTRE DOS PUNTOS EN VOLTS
K.-	RESISTIVIDAD EN OHM/M.
LA.-	LONGITUD DEL CONDUCTOR
CA.-	CONSTANTE DEL ALAMBRE EN OHM/M.

SISTEMA ELECTRICO-HIDRAULICO

N.-	COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD ELECTRICO-HIDRAULICO
Kg.-	COEFICIENTE DE CORRECCION DE CORRIENTE ELECTRICA
KyE-H.-	CONSTANTE ELECTRICA-HIDRAULICA

MATERIALES Y METODOS

Los materiales usados para la construcción del simulador de corriente de flujo laminar se representan esquemáticamente en la Fig. 1; en ella A, es un acumulador de corriente directa constituido por siete celdas voltaicas con dos placas y un borne cada una, que proporcionan una tensión eléctrica de dos voltios. Las tensiones que pueden obtenerse del acumulador son 2, 4, 6, 8, 10 y 12 volts.

Los interruptores "I", son dispositivos eléctricos que sirven para abrir y cerrar cada una de las líneas del circuito eléctrico de los diferentes voltajes que se puedan obtener del acumulador; así como cada una de las entradas de la corriente a las resistencias para su control individual.

Las Resistencias "R", son un dispositivo eléctrico contruidos con carbón y un conductor embobinado, su capacidad depende de la cantidad de carbón y de un conductor empleado. Las resistencias utilizadas tienen una capacidad de 25 watts. y con una resistencia al paso de la corriente de 12 ohms. Estas resistencias se utilizan para variar la tensión y la cantidad de corriente que circula por los conductores de los circuitos del analizador.

Un Amperímetro (A'), es un instrumento de medición de la cantidad de corriente que circula por el circuito eléctrico, tiene un tornillo que ajusta la Escala a Cero amperes y su rango de medición es de 0 a 10 amperes.

Los Voltímetros (V) son instrumentos de medición que se usan para medir la tensión eléctrica, entre dos puntos del circuito. Su rango de medición es de 0 a 15 volts.

Analizador Electrónico (Simpson), es un instrumento de medición. Las mediciones de la tensión se hacen entre dos puntos del circuito, en la corriente se coloca el instrumento en serie con el circuito. La resistencia se mide entre dos puntos de un conductor; sus escalas son muy variables, su rango es de 500 ohms en su Escala, MAS R X 1, R X 100, R X 10,000, en la tensión tenemos Escalas de 2.5 volts, 10 volts, 50 volts, 250 volts 500 volts y 1,000 volts. En la corriente sus Escalas son de 1 MA., 10 MA., y 100 MA. En el analizador se usa conductor rectangular de 1/8" X 1/4", de cobre, -- para las redes de distribución de energía eléctrica -- del circuito del analizador, con una resistividad del conductor de 1.8 Microhm centímetro A 15°C. Se usa un cuadro de madera de 60 cms. por un metro, para la colocación de los materiales empleados, de acuerdo como se ilustra en la Fig. No. 2

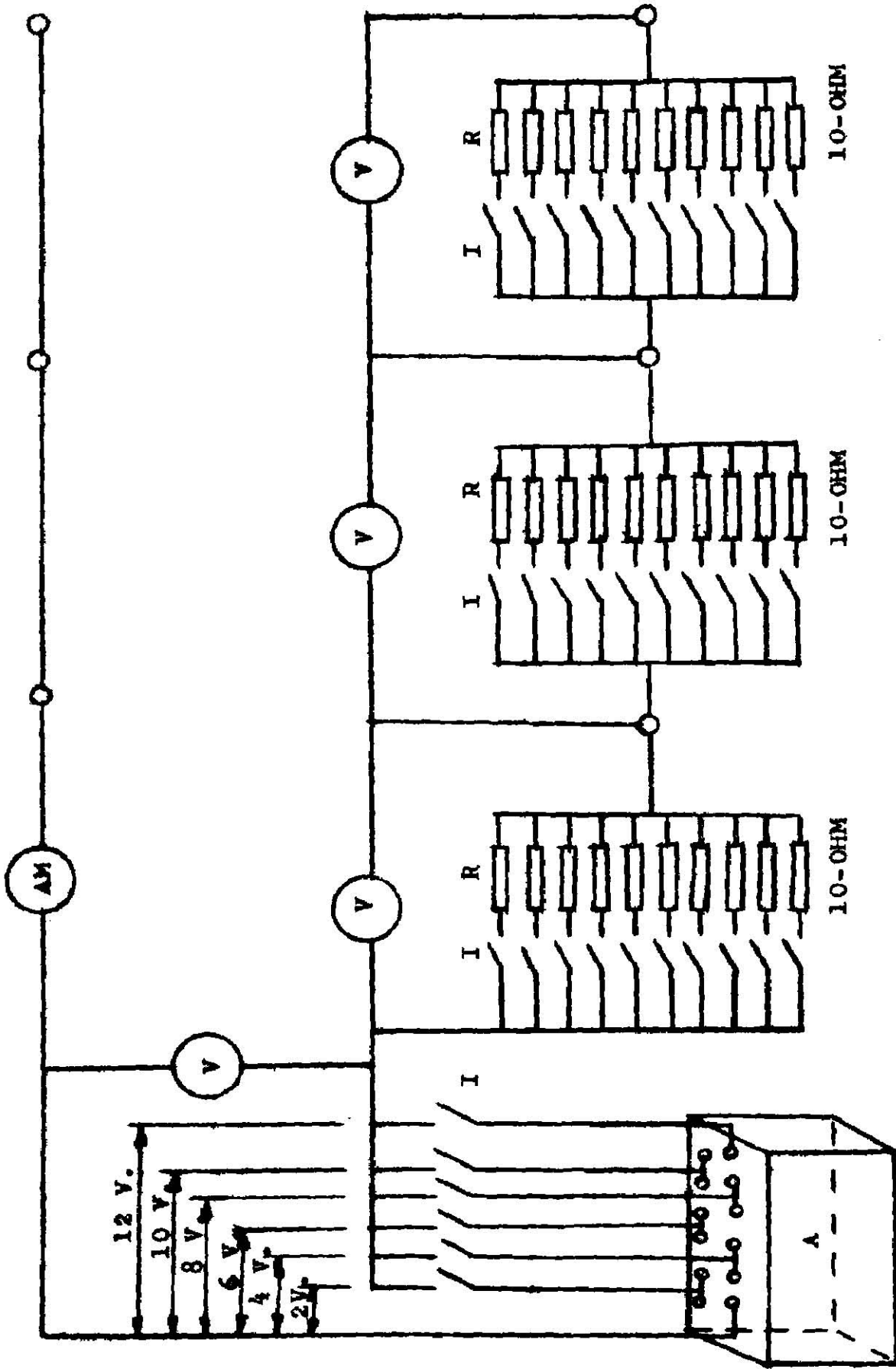
TABLA No. 2

COSTOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS PARA LA
CONSTRUCCION DEL ANALIZADOR DE CORRIENTE -
DE FLUJO LAMINAR.

<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PRECIO</u>
100	Tornillos de 3/16" X 1/4"	\$ 21.20
6	Tornillos de 3/16" X 2"	
10	Tornillos pija 8 X 5/8"	7.85
5	Tornillos pija 8 X 1/2"	
1	Machuelo 3/16"	40.20
1	Broca 5/32	
30	Resistencias 12 Ohm-25 watts.	690.00
36	Swich 1 tiro 1 polo	
1	Voltímetro de 0-15 volts. C.D.	425.00
3	Voltímetros 0-15 volts. C.D.	1,700.00
1	Acumulador	485.00
5	Metros alambre	52.00
	Varios	<u>43.16</u>
	T O T A L =	\$3,464.41

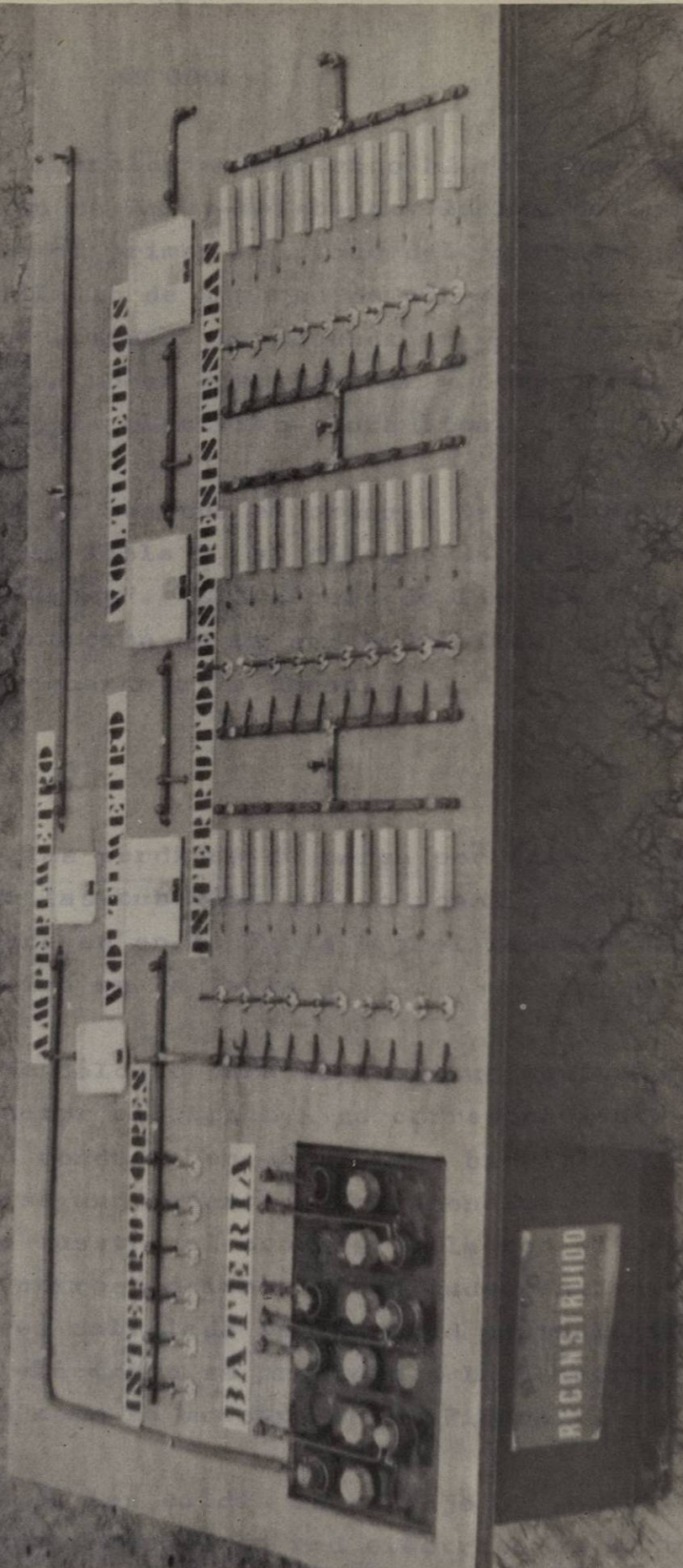
Hacemos patente nuestro agradecimiento al Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por su colaboración a este modesto trabajo, y muy particularmente al Director del mismo - Ing. Raúl Braulio Rodríguez.

DIAGRAMA ELECTRICO DEL ANALIZADOR.



Donde: Am.- Amperimetro 0-12
 V.- Voltmetro 0-12
 A.- Acumulador C.D.12
 R.- Resistencia 12 Ohms.

FIG. 1



mediante el analizador Simpson como se muestra en-

FIGURA NO II VISTA INTEGRAL DEL ANALIZADOR DE FLUJO

MÉTODOS

De acuerdo a la analogía eléctrico-hidráulica entre la ecuación de Darcy-Weisbach y la Ley de Ohm, establecida en el primer apartado del Apéndice, se procedió al cálculo de una red de tuberías que trabaja a régimen laminar, balanceada por el método de "Cross", para poder ejemplificar y comparar el uso de la analogía eléctrico-hidráulica.

En la figura 3 se muestra el croquis de la Red Hidráulica y en la Tabla 3, el cálculo de la Red por el método de "Cross". El cálculo de las pérdidas de carga por fricción de la red hidráulica propuesta se hizo de acuerdo a la Ecuación 3.

$$H_f = CT \times Q \dots 3$$

El cálculo de las pérdidas de carga por fricción de cada una de las tuberías que componen la red propuesta, aparecen en la Tabla 4 y el resumen de la red hidráulica en la Tabla 5.

La secuencia de cálculo para la longitud equivalente de un conductor eléctrico a su correspondiente longitud de un conducto en el sistema hidráulico aparece en el segundo apartado del Apéndice. En la figura 4 se muestra el croquis de la red eléctrica con sus correspondientes longitudes equivalentes. Una vez calculada la longitud equivalente del conductor eléctrico se procedió a la construcción de la red como se muestra en la Figura 2.

Las mediciones de las caídas de voltaje en cada uno de los conductores de la red eléctrica se hizo mediante el analizador Simpson como se muestra en-

la Figura 5. Las caídas de voltaje registradas por el analizador en tres pruebas diferentes, aparecen en la Tabla 6. Por último, se hizo una comparación de los resultados obtenidos con respecto a los esperados, lo que se discute más ampliamente en el siguiente Capítulo de este escrito.

RED HIDRAULICA

$Q=200 \times 10^{-7}$

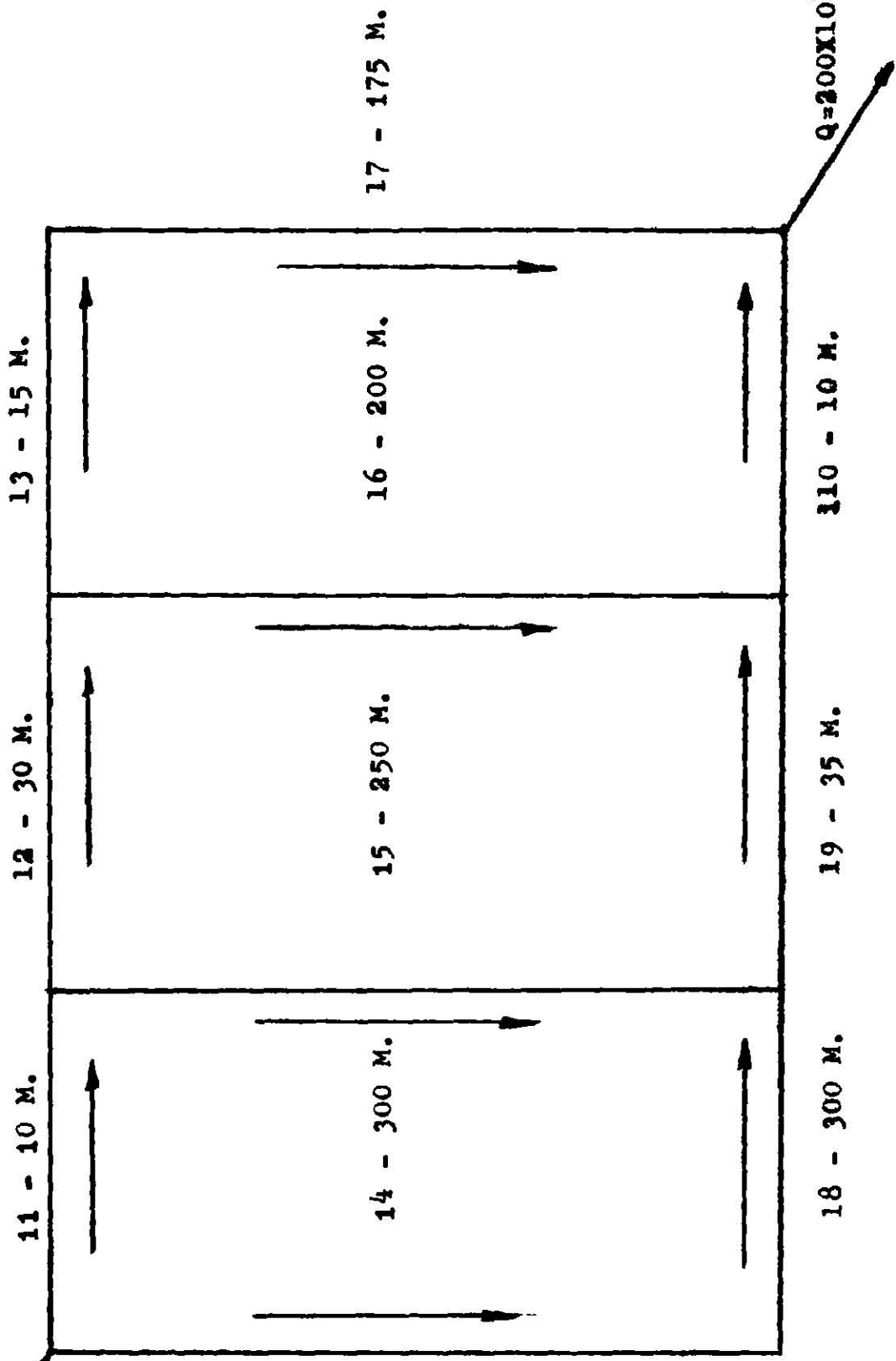


FIG. 3

DIG. Croquis de la Red Hidráulica
 donde: D1, 2, 3, 8, 9, 10 = 9.53×10^{-3} M.
 y D4, 5, 6, 7 = 14.3×10^{-3} M.

TABLA No. 3

RED HIDRAULICA BALANCEADA POR
EL METODO DE CROSS

1 + 144	5 = 37	6 = 44	1 + 144.2	5 - 36.3	6 - 45.1
4 - 56	2 + 107	3 + 63	4 - 55.8	2 + 107.9	3 + 62.8
8 - 56	9 - 93	7 + 63	8 - 55.8	9 - 92.1	7 + 62.8
5 + 37	6 + 44	10 - 137	5 + 36.3	6 + 45.1	10 - 137.2
AQ + 2	+ 0.9	- 0.2	AD + 0.3	- 0.0	+ 0.4

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA POR
 FRICCIÓN

	CT	X	Q	=	Hf
CT. = $\frac{4.12 \times 20}{8,248.3} \times 10^{-6}$	9.989.77	X 144	X 10^{-7}	=	.1438 MT.
CT. = $\frac{4.12 \times 30}{8,248.3} \times 10^{-6}$	14.984.66	X 108	X 10^{-7}	=	.1618 MT.
CT. = $\frac{4.12 \times 15}{8,248.3} \times 10^{-6}$	7,492.33	X 63	X 10^{-7}	=	.0472 MT
CT.4= $\frac{4.12 \times 250}{41,816.16} \times 10^{-6}$	24,631.62	X 36	X 10^{-7}	=	.887 MT.
CT.5= $\frac{4.12 \times 300}{41,816.16} \times 10^{-6}$	29,557.95	X 56	X 10^{-7}	=	.1655 MT.
CT.6= $\frac{4.12 \times 200}{41,816.16} \times 10^{-6}$	19,705.3	X 45	X 10^{-7}	=	.887 MT.
CT.7= $\frac{4.12 \times 175}{41,816.16} \times 10^{-6}$	17,242.13	X 63	X 10^{-7}	=	.1086 MT.
CT.8= $\frac{4.12 \times 25}{8,248.3} \times 10^{-6}$	12,487.22	X 56	X 10^{-7}	=	.690 MT.
CT.9= $\frac{4.12 \times 35}{8,248.3} \times 10^{-6}$	17,482.11	X 92	X 10^{-7}	=	.1608 MT.
CT.10= $\frac{4.12 \times 10}{8,248.3} \times 10^{-6}$	4,994.88	X 137	X 10^{-7}	=	.0684 MT.

TABLA No. 5

RESUMEN DEL CALCULO DE LA RED HIDRAULICA

TUBO No.	GASTO M ³ /SEG.	LONG.M.	DIAMETRO M.	H _{M.}	S M/M
1	144 X 10 ⁻⁷	20	9.53 X 10 ⁻³	.1438	.00719
2	108 X 10 ⁻⁷	30	9.53 X 10 ⁻³	.1618	.00539
3	63 X 10 ⁻⁷	15	9.53 X 10 ⁻³	.472	.00315
4	56 X 10 ⁻⁷	30	14.3 X 10 ⁻³	.1655	.00055
5	36 X 10 ⁻⁷	250	14.3 X 10 ⁻³	.0887	.00035
6	45 X 10 ⁻⁷	200	14.3 X 10 ⁻³	.0887	.00044
7	63 X 10 ⁻⁷	175	14.3 X 10 ⁻³	.1086	.00062
8	56 X 10 ⁻⁷	25	9.53 X 10 ⁻³	.0699	.00280
9	92 X 10 ⁻⁷	35	9.53 X 10 ⁻³	.1608	.00459
10	137 X 10 ⁻⁷	10	9.53 X 10 ⁻³	.0684	.00684

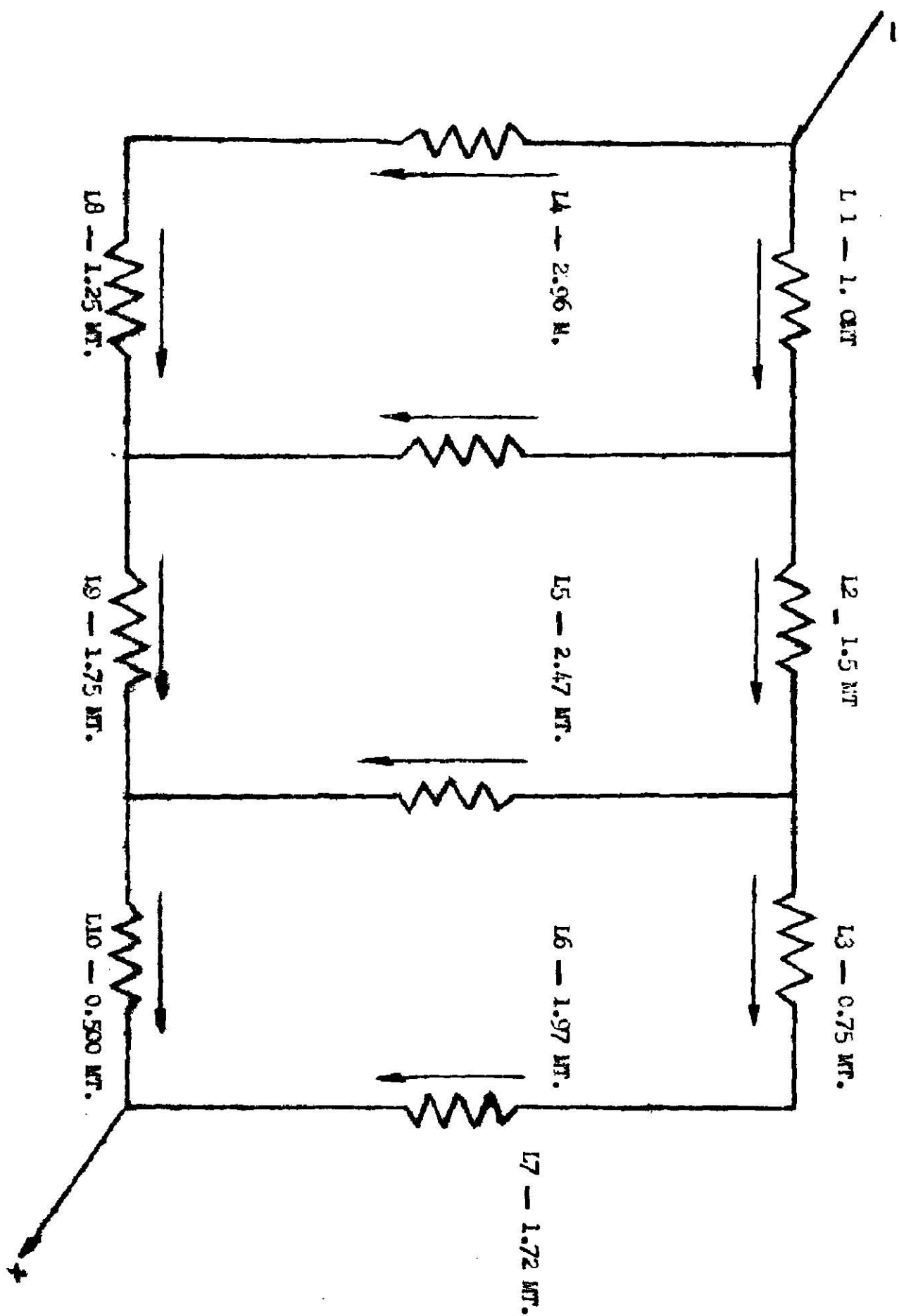


FIG. 4.

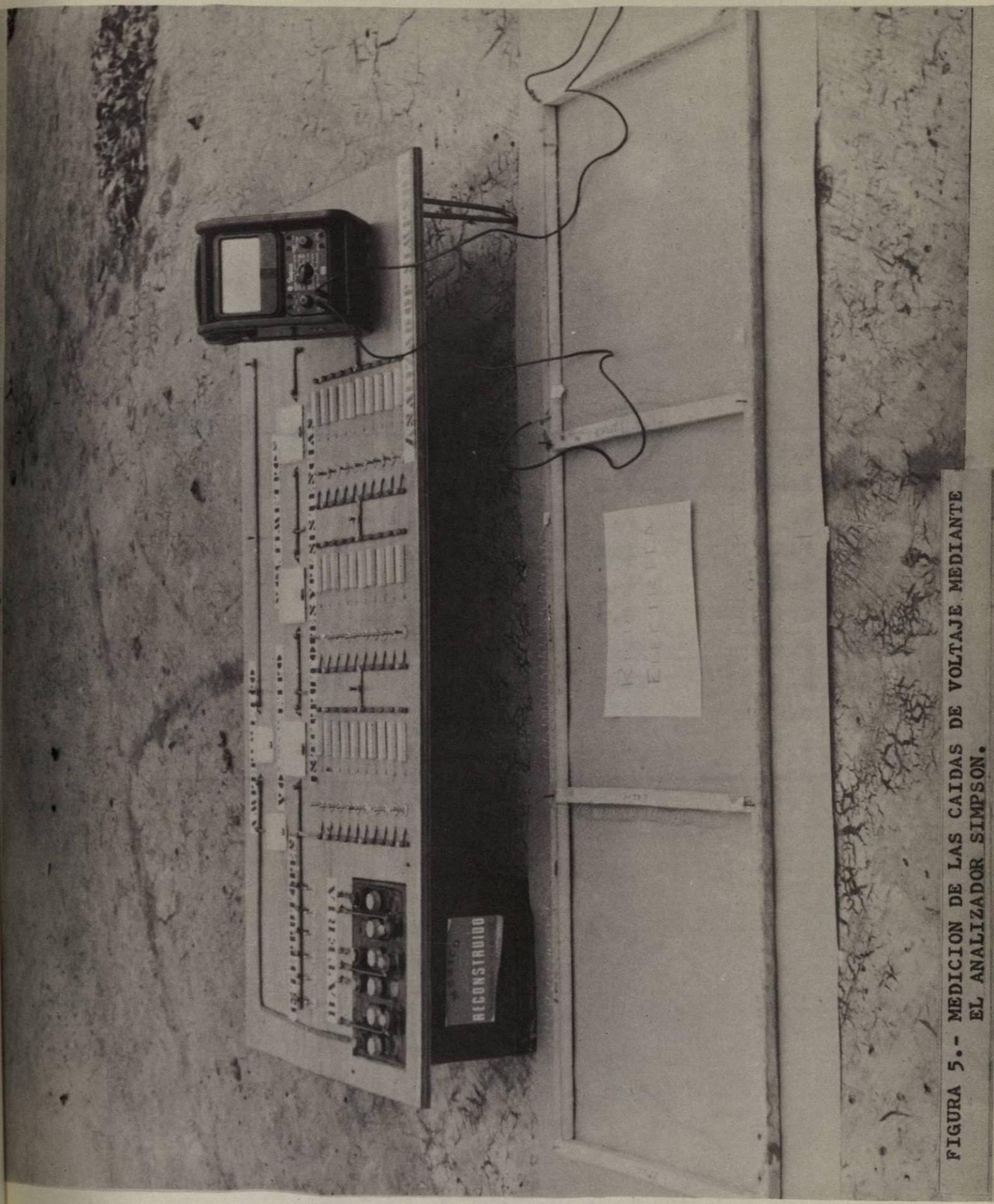


FIGURA 5.- MEDICION DE LAS CAIDAS DE VOLTAJE MEDIANTE EL ANALIZADOR SIMPSON.

TABLA No. 6

NUMERO	.Q	AE	AE	AE
1	144	2.2	2.205	2.2
2	108	2.5	2.425	2.5
3	63	1.0	.9	.7
4	56	2.6	2.5	2.5
5	36	1.7	1.5	1.5
6	45	1.5	1.5	1.7
7	63	1.8	1.775	1.8
8	56	1.2	1.21	1.2
9	92	2.5	2.43	2.4
10	137	1.2	1.2	1.2

DISCUSION Y RESULTADOS

Los resultados de las mediciones de las caídas de voltaje entre los diferentes conductores que componen la red eléctrica, se muestran en la Tabla 6. Dichas mediciones se hicieron por triplicado para tener mayor confiabilidad en los resultados.

Con las longitudes del conductor y la constante de la resistividad al paso de la corriente eléctrica "K" se calcularon los constantes eléctricos de cada uno de los conductores mediante la siguiente relación:

$$CA = La \times K \quad \dots 7$$

Es importante destacar el hecho de que la constante de proporcionalidad "n" fue calculada para el caso de que circule en el primer conductor de la red eléctrica una corriente de un ampere; por lo que cualesquier variación ocurrida con respecto a dicha corriente, deberá ser tomada en cuenta para poder realizar un correcto análisis de los resultados obtenidos.

Para el cálculo de la corriente eléctrica que circuló en cada uno de los conductores se hizo uso de la Ec. 6A:

$$AE = CA \times I \quad \dots 6$$

$$I = \frac{AE}{CA} \quad \dots 6A$$

Los resultados del cálculo de la constante del conductor "CA" y de la corriente "I" de cada uno

de los conductores que componen la red, aparecen en la Tabla 7.

En la Tabla 7 se puede apreciar que la corriente que circuló en el primer conductor fue muy diferente de un ampere, por lo que el factor de proporcionalidad eléctrico-hidráulico "n" tiene que ser corregido.

La corrección de dicha constante de proporcionalidad se conoce en el presente trabajo como coeficiente, de corrección de corriente eléctrico--hidráulico "Kg", que se obtiene de la siguiente relación:

$$Kg = \frac{q_1}{I_1} \quad 16 \quad \text{donde } Kg. \text{ coeficiente de corrección de corriente eléctrica-hidráulica.}$$

$$Kg = \frac{144 \times 10^{-7}}{.2528} \quad q_1. \text{ gasto primer tubería red hidráulica propuesta.}$$

$$Kg = 5.69 \times 10^{-5} \quad 16 \quad I_1. \text{ corriente eléctrica primer cond. red eléctrica.}$$

De lo expuesto anteriormente y en el segundo apartado del Apéndice, para poder calcular los coeficientes de proporcionalidad eléctrico-hidráulico se hace uso de las siguientes relaciones:

$$n = \frac{CT_1}{CA_1} \quad \dots \quad 15$$

$$Kg = H_2 n.Kg \quad \dots 17$$

$$Kg = \frac{Q_1}{I_1} \quad \dots \quad 16$$

Las constantes de proporcionalidad encontradas -

en la realización de este trabajo quedan como sigue:

$n = 1148.019$	de tal	$n.k.La = CT$
$Kg = 569.67 \times 10^{-7}$	manera	$Kg.I = Q$
$KE - H = .0653991$	que	$KE-H.AE = Hf$

La comparación de los resultados obtenidos mediante el uso de la analogía eléctrico-hidráulica y -- los resultados obtenidos mediante análisis matemático, aparecen en la Tabla 8.

CA	1a.REP.		2a.REP.		3a. REP.	
	AE	I	AE	I	AE	I
8.7	2.2	.2528	2.2	.2528	2.2	.2528
13.05	2.5	.1916	2.4	.1839	2.5	.1916
6.525	1.0	.1532	.9	.1379	.7	.1072
25.752	2.6	.1000	2.5	.097	2.5	.097
21.402	1.7	.079	1.5	.0700	1.5	.0700
17.139	1.5	.0875	1.5	.0875	1.7	.0991
15.051	1.8	.11959	1.8	.11959	1.8	.11959
10.875	1.2	.1103	1.2	.1103	1.2	.1103
15.225	2.5	.1642	2.4	.1576	2.4	.1576
4.35	1.2	.2758	1.2	.2758	1.2	.2758

$$I = \frac{AE}{CA}$$

TABLA 7

RESUMEN RED ELECTRICA

CONDUCTO(R)	Q ESPERADO	H _f ESPERADO	AE	H	Q OBSERVADO	H _f OBSERVADO	AE	H	Q OBSERVADO	H _f OBSERVADO	AE	H	Q OBSERVADO	H _f OBSERVADO
1	144	.1438	2.2	.2528	144	.1439	2.2	.2528	144	.143	2.2	.2528	144	.143
2	108	.1618	2.5	.1916	109	.1635	2.4	.1839	105	.156	2.5	.1916	109	.1625
3	63	.0472	1.0	.1532	87	.065	.9	.1379	79	.0585	.7	.1072	61	.0455
4	56	.1655	2.6	.1000	57	.1700	2.5	.097	55	.1625	2.5	.097	55	.1625
5	36	.0887	1.7	.079	44	.1111	1.5	.0700	39	.0975	1.5	.07	40	.0975
6	45	.887	1.5	.0875	49	.098	1.5	.0875	50	.0975	1.7	.0991	56	.1105
7	63	.1086	1.8	.11959	68	.1177	1.8	.11959	68	.117	1.8	.11959	68	.117
8	56	.0699	1.2	.1103	62	.0784	1.2	.1103	62	.078	1.2	.1103	62	.078
9	92	.1608	2.5	.1642	93	.1635	2.4	.1576	89	.156	2.4	.1576	89	.156
10	137	.0684	1.2	.2758	157	.078	1.2	.2758	157	.078	1.2	.2758	157	.078

TABLA 8.

C O M P A R A C I O N

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1a. En base a los resultados obtenidos se puede concluir que existe una relación directa entre las leyes que rigen la conducción del agua en tuberías a régimen de flujo laminar y la conducción de corriente eléctrica "directa" en circuitos cerrados.

- 2a. Es posible inferir mediante el uso de analogía eléctrica-hidráulica algunos fenómenos en tuberías hasta con una confiabilidad de un 80% con el equipo y los materiales usados en el presente trabajo.

RECOMENDACIONES:

- 1a. Durante la toma de las mediciones de las caídas de voltaje se observaron variaciones en el voltaje de entrada a la red eléctrica proveniente de la fuente, por lo que se recomienda en la -- realización de este tipo de trabajos, asegurarse de usar una fuente de alimentación de co- -- rriente eléctrica constante.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Hidráulica de la F.A.U.A.N.L.

En este trabajo se comparó el uso de la analogía -- eléctrico-hidráulica contra los métodos analíticos -- para la solución de los problemas de flujo de agua -- en redes de tuberías a régimen laminar.

Los materiales y métodos usados para la construcción del analizador eléctrico de corrientes de flujo laminar, son los más baratos y de más fácil -- adquisición en el mercado.

Los resultados obtenidos mediante el uso del analizador con respecto a los métodos matemáticos, son -- confiables en un 80% cuando menos.

Con esta investigación se pretende mostrar a los -- estudiantes el uso de los métodos analógicos e iniciar una línea de investigaciones en este tópico.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CROFT TERRELL, TRATADO DE ELECTRICIDAD PRACTICA. Trad. Golsdchuartz J.M. 4a. Edición. Editorial C.E.C.S.A. San Luis Potosí, Méx. 1940.
- 2 ESTRADA MEDINA JUAN ISAAC, NOMOGRAMAS BASADOS EN LA -- ECUACION DE COLEBROOK-WHITE PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS FORZADAS DE DIVERSOS TIPOS DE MATERIALES QUE CONDUCEN- AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS. Tesis no publicada. - Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de -- Nuevo León. Junio 1976.
- 3 GILES R.V., MECANICA DE LOS FLUIDOS E HIDRAULICA, Trad. Jaime Moneva-Moneva. 2a. Edición. Editorial McGraw-- -Hill, México, 1974.
- 4 PEREZ A.L., MANUAL TECNICO PRACTICO DE ELECTRICIDAD. - México, D.F. Editorial Coop. Modelo.
- 5 SALAZAR SEPULVEDA HOMERO ELIESER, DISEÑO Y CONSTRUC-- CIONES DE UN LABORATORIO DE HIDRAULICA PARA LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA U.A.N.L., Tesis no publicada. Ene- ro 1977.
- 6 SOTELO AVILA GILBERTO, HIDRAULICA GENERAL. Volumen i, FUNDAMENTOS. Edit rial Limusa, 1974.
- 7 STREETER V. L., MECANICA DE FLUIDOS. Trad. Emilio Ro- mero Ros, 4a. Edición, Editorial McGraw-Hill, México, 1977.
- 8 WILLIAM F. H. y JOHN A. B ., DINAMICA DE FLUIDOS, - - Trad. Ricardo Rincón, Ed torial McGraw-Hill, Panamá, - 1970.

A P E N D I C E

APARTADO 1

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots 2$$

$$f = \frac{6Y}{Re} \dots 8$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \dots 9$$

Substituyendo 9 en 8 y 8 en 2

$$H_f = \frac{64\nu}{2} \frac{LV}{D^2 g}$$

$$V = \frac{Q}{A} \dots 10A$$

$$A = .7854D^2 \dots 13$$

$$V = \frac{Q}{.7854D^2} \dots 10B$$

$$H_f = \frac{64\nu}{2 \times .7854} \cdot \frac{L \cdot Q}{D^4 g}$$

$$\nu \text{ a } 20^\circ\text{C} = 9.91 \times 10^{-7} \text{ M}^2/\text{Seg.} \dots \text{Ver Ta la 7}$$

$$g = 9.8 \text{ M/Seg.}$$

$$H_f = \frac{64 \times 9.91 \times 10^{-7}}{2 \times 9.8 \times .7854} \frac{L}{D^4} \times Q$$

$$H_f = 4.12 \times 10^{-7} \frac{L}{D^4} \times Q$$

$$H_f = CT. Q \dots 3$$

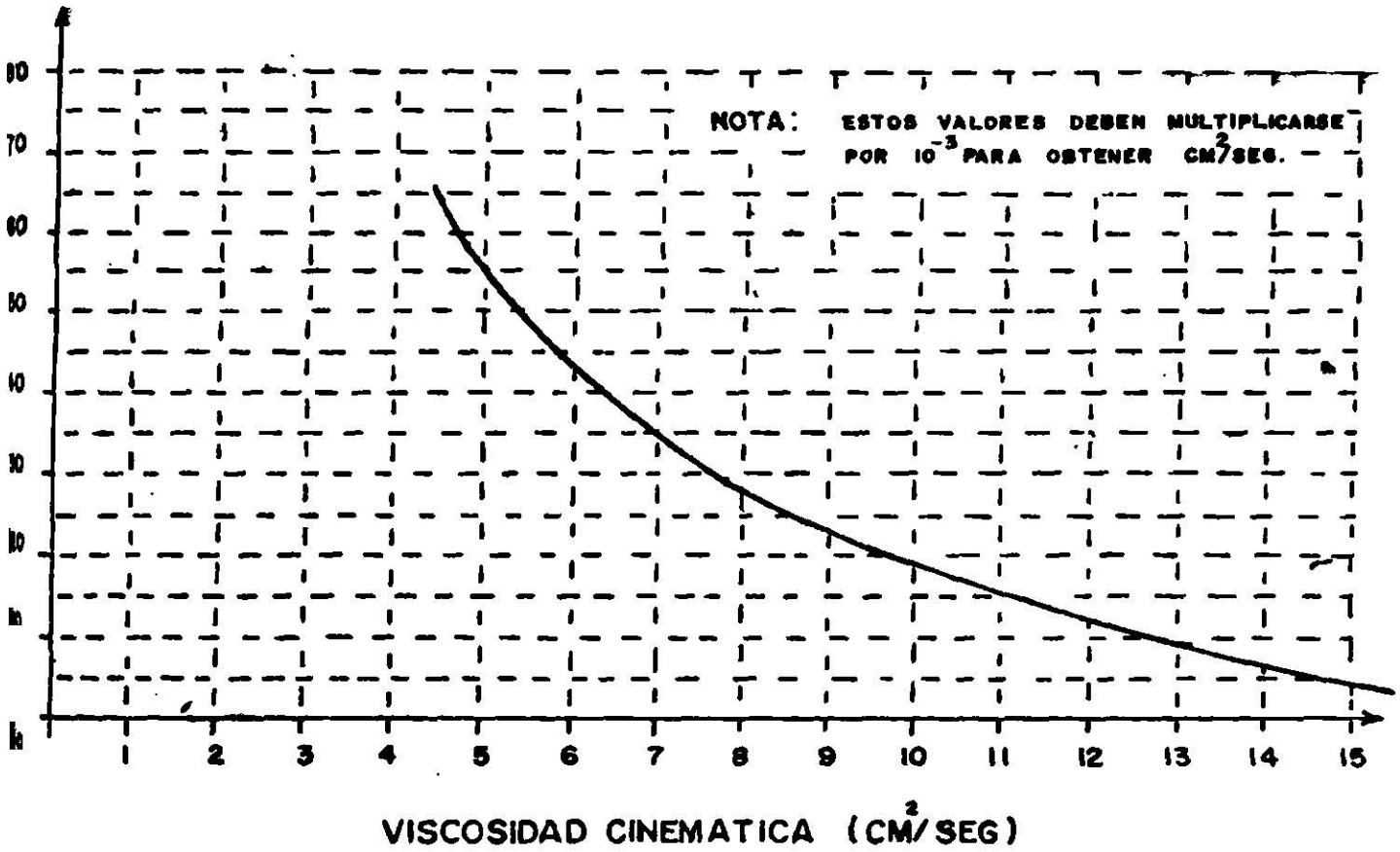


FIGURA 7

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL AGUA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA.

Para determinar las caídas de tensión o potencial eléctrico en un circuito dado, se hace uso de la Ley de -- Ohm:

$E = R.I.$ 12 donde: E.- Tensión eléctrica en volts.

R.- Resistencia al paso de la corriente en Ohms.

I.- Corriente eléctrica en amperes.

Para calcular la caída de tensión entre dos puntos dados de un circuito eléctrico, la Ley de Ohm toma la siguiente expresión:

$AE = K.la$ 13 donde AE.- Caída de tensión en voltios.

K.- Resistividad del conductor al paso de la corriente -- eléctrica en Ohms/MT.

Esto significa que para una longitud dada de un conductor la resistencia total R es constante, por lo que la resistencia total R, es constante, por lo que la ecuación 5 puede ser expresada como:

$$AE = C.A.I..... 6$$

Las analogías entre un sistema hidráulico de conducción de corriente a régimen laminar y uno eléctrico de conducción de corriente eléctrica "directa", en base a la Ec.

de Daray-Weisbach y la Ley de Ohm, queda como sigue:

Hf	α	AE
CT	α	CA
Q	α	I

APARTADO 2

CALCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE ENTRE UN CONDUCTOR ELECTRICO Y UN CONDUCTOR HIDRAULICO.

Para calcular la longitud equivalente de un conductor eléctrico a su correspondiente longitud en el sistema hidráulico, se procedió a calibrar el conductor eléctrico mediante el analizador Simpson:

"En el tablero de control del Simulador Analizador de Flujo a diferentes voltajes y a una corriente constante de un ampere, se midieron las caídas de voltaje que tenían diferentes longitudes de un conductor eléctrico micróhm calibre veintiséis: Resultando una caída de tensión constante de 8.7 voltios por metro, es decir, que el valor de la resistividad "K" de ese conductor es de 8.7 ohms por metro.

Para que los resultados de las caídas de voltaje en el sistema eléctrico puedan representar a las pérdidas de fricción en el sistema hidráulico, es necesario comparar las constantes del tubo y del conductor mediante un factor de proporcionalidad:

$$N = \frac{CT}{CA}$$

donde N.- Factor de proporcionalidad eléctrico-hidráulico.

CT.- Constante de un tubo que trabaja a régimen laminar en $M^2/Seg.$

y CA.- Constante de un conductor eléctrico que trabaja bajo corriente directa de un ampere y $CA = K \times La.$

En el presente trabajo para obtener dicho factor de --proporcionalidad se propuso que la longitud del primer conductor eléctrico fuera de 1.0 MT y se comparó con la Constante CT del primer tubo de la Red Hidráulica propuesta en el Capítulo de Materiales y Métodos, por lo que el factor de proporcionalidad queda como sigue:

$$N = \frac{CT_1}{CA_2} = \frac{9989.77}{8.7} = 1148.24$$

Puesto que la longitud del primer conductor eléctrico fue de 1.0 MT y equiparada con la constante del primer tubo de la Red Hidráulica y tanto las caídas de voltaje en el sistema eléctrico como las pérdidas de carga en la Red Hidráulica, guardan una variación lineal.

El cálculo de las subsiguientes longitudes del conductor eléctrico a su correspondiente hidráulico: pueden ser calculados por medio de la siguiente relación:

$$L_a = \frac{CT}{N \cdot K}$$

- donde
- La Longitud del conductor eléctrico en MT.
 - CT.= Constante del tubo en M²/Seg.
 - N.- Factor de proporcionalidad eléctrica-hidráulico.
 - K.- Resistividad del conductor empleado en Ohms.

El cálculo de las longitudes equivalentes de conductor eléctrico a su equivalente sistema hidráulico, aparece en la Tabla 6 del Capítulo de Materiales y Métodos.

