

REVISTA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Año 1 Nº 1

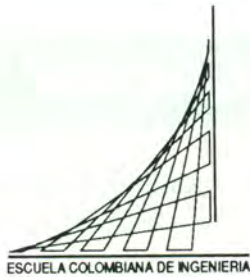
JUNIO DE 1990

Resistencia
de Tomas
a Tierra-
Verificación

Geometría
de un
Polígono

La clasificación
Sapróbica
del ENA

La necesidad de
reorganizar institucionalmente
el sector transporte



ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Director de la Revista
GERMAN RICARDO SANTOS GRANADOS

Consejo Editorial
JAVIER BOTERO ALVAREZ
RAMIRO CABAL SANCLEMENTE
LUIS JORGE AGUDELO AGUDELO
ALFONSO RAMIREZ RIVERA
RICARDO LOPEZ CUALLA

Editora
BLANCA VILLAMIL DE ALVAREZ

Director Comercial y Producción
ALDO G. VILLAMIL A.

Asesor
HERNANDO ALVAREZ RINCON

Publicidad
TERESA VARGAS FERIA

CONSEJO DIRECTIVO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIEROS

Presidente
Ing. Ignacio Umaña De Brigard

Vocales:
Ing. Luis Guillermo Aycardi Barrero
Jorge Eduardo Estrada Villegas
Alvaro González Fletcher
Gonzalo Jiménez Escobar
Alberto Montañés Peña
Armando Palomino Infante
Ricardo Quintana Sighinolfi
Arturo Ramírez Montúfar
Jairo Romero Rojas
Ricardo Salazar Ferro

Rector
Ing. Eduardo Silva Sánchez

Secretario
Ing. Alberto Salamanca Pinzón

Sumario

5 EDITORIAL

Por Ignacio Umaña De Brigard

6 La Clasificación Sapróbica del ENA

Por JAIRO A. ROMERO ROJAS

17 Geometría de un Polígono

Por ALFONSO RAMIREZ RIVERA

19 La necesidad de reorganizar institucionalmente el sector transporte

Por GERMAN SILVA FAJARDO,
Viceministro de Obras Públicas y
Transporte

24 Resistencias de Tomas a Tierra-Verificación

Por LUIS JORGE AGUDELO A.

29 Noticias:

*Nuevo Rector de la Escuela *Primer Encuentro Nacional de Ingenieros de Estructuras y Geotécnica *Reactivación en Comités Académicos *Nuevos Servicios en Laboratorios *Ingeniería XXI *Conferencias sobre Transporte * Foro sobre Investigación-Industria *Donaciones para la Biblioteca

Homenaje

Con esta publicación, LA ESCUELA rinde homenaje a sus fundadores y benefactores, y la dedica con todo aprecio al Ingeniero Luis Carlos Sarmiento Angulo verdadero punto de apoyo para la ingeniería colombiana.



Editorial

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

Esta REVISTA se presenta como un signo más de la ESCUELA en su vocación de servir a la comunidad de Ingenieros, estar en contacto con ella y buscar nuevos caminos en la profesión, para el bienestar de todos los colombianos.

El propósito fundamental de la REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA es ofrecer una tribuna a los Ingenieros consagrados a la investigación y a la Academia, para la publicación de sus trabajos.

Así mismo, en la REVISTA encontrarán los Ingenieros artículos especializados de actualidad y ofrecerá sus páginas para la publicación de sus inquietudes profesionales.

La REVISTA, es natural, dará cabida a las novedades propias de la ESCUELA, dentro de las cuales se destacarán los cursos, seminarios, congresos y publicaciones promovidos por la Institución y ofrecerá un anexo coleccionable con la publicación de un banco de programas para computador, aplicables al ejercicio profesional.

El Consejo Editorial está constituido por profesores de la ESCUELA, de la más altas calidades académicas, como garantía de excelencia de esta publicación trimestral.

Ing. IGNACIO UMAÑA DE BRIGARD
Presidente del Claustro de Electores
y del Consejo Directivo.



La clasificación sapróbica del ENA

INTRODUCCION

Dentro de las múltiples actividades adelantadas, durante la realización del ESTUDIO NACIONAL DE AGUAS (ENA), por Mejía Millán y Perry Ltda., se encuentra la de la formulación de un modelo de clasificación sapróbica simplificada para los cursos de agua del país.

En este artículo se presenta un resumen de dicho trabajo, tratando de satisfacer los intereses de especialistas y neófitos en

el tema a la vez, divulgando los elementos esenciales del modelo de calidad de agua formulado.

El modelo, descrito como el modelo sapróbico del ENA, fué formulado como una herramienta de ayuda para las EMAR, Entidades de Manejo del Recurso, en la formulación y adopción de las políticas de administración del agua y control de vertimiento de residuos líquidos.

EL SISTEMA SAPROBICO

Generalmente se reconoce que en un cuerpo de agua, normalmente saludable, existe un ciclo biodinámico que da como resultado un equilibrio de la vida animal y vegetal. En términos muy simples, el efecto de la polución consiste en alterar dicho ciclo y desordenar los componentes ambientales del mismo. Teniendo en cuenta que los componentes físicos, químicos, biológicos y ambientales del medio hídrico son tan variables, se han desarrollado y formulado diferentes metodologías para detectar, diagnosticar y cuantificar la polución del agua.

A principios del siglo, Kolkwitz y Marsson (2) (3), establecieron las bases de un método ecológico para detectar y diagnosticar la polución del agua (4). Su método, conocido como sistema sapróbico o sistema de medida de la materia orgánica biodegradable, se basó en la distribución zonal de organismos indicadores de polución con aguas residuales domésticas, en ríos lentos con flujo uniforme. De acuerdo con las especies de organismos presentes, en diferentes puntos a lo largo del curso del río, el método permite identificar las zonas de polución orgánica.

Dichas zonas fueron identificadas, en orden de mayor grado de mineralización, como zonas polisapróbica, mesosapróbica fuerte, mesosapróbica débil y oligosapróbica.

Nemerow (1) resume las característi-

cas del sistema sapróbico de Kolkwitz y Marsson indicando que cuando un río recibe una carga orgánica fuerte, los procesos normales de autopurificación darían como resultado una serie de zonas sucesivas de condiciones cada vez mejores, caracterizadas cada una por contener animales y plantas características:

Zona 1 - Polisapróbica: zona de polución fuerte con materia orgánica de masa molecular alta; contenido de oxígeno disuelto bajo o nulo; formación de sulfuros; bacterias en abundancia y presencia de pocas especies de animales.

Zona 2 - Mesosapróbica: Zona con contenido de compuestos orgánicos más simples; concentración de oxígeno disuelto en aumento permanente; la parte superior de la zona contiene muchas bacterias y hongos, mayor número de especies de animales, pero pocas algas; la parte inferior de la zona presenta mayor mineralización con presencia de algas y algunas plantas.

Zona 3 - Oligosapróbica: Zona donde la mineralización y conversión de materia orgánica en inorgánica es completa, la concentración de oxígeno disuelto vuelve a ser normal y presenta una amplia variedad de plantas y animales.



CLASIFICACION SAPROBICA DEL ENA

El sistema sáprobico original de Kolwitz y Marsson fué aplicado inicialmente por Liebmann en 1951 y en los años posteriores criticado y modificado por muchos autores y ecólogos de los Estados Unidos, Canadá y Europa, con el objeto de ampliar su aplicación para incluir no solo la polución causada por aguas residuales domésticas si no, también, los problemas producidos por descargas de aguas residuales industriales, residuos tóxicos, materiales inertes, calor y diferentes combinaciones de agentes poluidores.

En 1965 Sládecek (5) presentó su versión del sistema sáprobico original dividiendo las aguas en cuatro grupos principales: Cataróbicas, limnosáprólicas, eusa-

prólicas y transsáprólicas, con trece zonas o grados de clasificación para las aguas y aguas residuales o residuos. De las trece zonas una corresponde a las aguas no sáprólicas, cinco a las sáprólicas, cuatro a las aguas residuales sáprólicas y tres a las aguas residuales y residuos no sáprólicas. El sistema de clasificación propuesto por Sládecek, así como los criterios biológicos, químicos y ambientales básicos para hacer la clasificación de las aguas y aguas residuales dentro de dichos grupos o zonas se presentan en la **figura 1** y en los **cuadros 1 y 2**. Los valores del índice sáprobico, S, corresponden al índice propuesto por Pantle y Buck en 1955, ampliado por Sládecek en 1969 (6).



FIGURA 1.
EL SISTEMA SAPROBICO

Todas las aguas se pueden incluir dentro del círculo. Las aguas se dividen en cuatro grupos principales:

K- Cataróbicas, **L-** Limnosáprólicas, **E-** Eusaáprólicas, **T-** Transsáprólicas.

El Semicírculo izquierdo incluye las "**Aguas**", el Semicírculo derecho incluye las "**Aguas Residuales**". El Semicírculo superior incluye las Aguas Sáprólicas, el Semicírculo inferior incluye las Aguas no Sáprólicas.

El valor de la **DBO** aumenta de **X** hacia **U**. La Autopurificación procede desde **U** hacia la izquierda.

En el círculo pequeño la porción blanca indica aguas claras, la porción rayada aguas poluídas y la porción negra aguas residuales (1) (6).



CUADRO 1.
SISTEMA DE CLASIFICACION SAPROBICA SEGUN SLADECEK (1) (6)

GRUPO	SIMBOLO	ZONA	SIMBOLO	DESCRIPCION
CATAROBICO	K	CATAROBICA	k	Aguas subterráneas puras y aguas purificadas para consumo humano.
LIMNOSAPROBICO	L	XENOSAPROBICA	x	Aguas limpias de manantiales y torrentes.
		OLIGOSAPROBICA	o	Aguas de torrentes y arroyos, lagos limpios y lagunas con pocos peces, excelentes para recreación.
		β -MESOSAPROBICA	β	Aguas de calidad media, ríos, lagunas y lagos con peces, crecimientos acuáticos y dificultades de purificación, admisibles para recreación.
		α -MESOSAPROBICA	α	Aguas poluidas no adecuadas para recreación.
		POLISAPROBICA	p	Aguas fuertemente poluidas con condiciones microaeróbicas.
EUSAPROBICO	E	ISOSAPROBICA	i	Aguas residuales municipales.
		METASAPROBICA	m	Aguas residuales sépticas con formación de ácido sulfídrico.
		HIPERSAPROBICA	h	Aguas residuales con fermentación de metano.
		ULTRASAPROBICA	u	Aguas residuales industriales fuertes sin vida vegetativa pero con presencia de esporas y quistes.
TRANSSAPROBICO	T	ANTISAPROBICA	a	Aguas residuales tóxicas.
		RADIOSAPROBICA	r	Aguas residuales con contaminantes radioactivos.
		CRIPTOSAPROBICA	c	Aguas residuales especiales con contaminación térmica, sustancias inorgánicas y otros tipos de factores de contaminación.

CUADRO 2.
CRITERIOS ESPECIFICOS PARA SEPARACION DE LAS ZONAS
DE CLASIFICACION SAPROBICA SEGUN SLADECEK (1) (6)

ZONA SAPROBICA	SIMBOLO	INDICE SAPROBICO S	CONTEO DE BACTERIAS PSICROF. EN PLACA DE AGAR COLONIAS POR MILELITRO	COLIFORMES No. /100 mL	OXIGENO DISUELTO		DBO mg/L	H ₂ S mg/L	SUSTANCIAS ESPECIFICAS
					mg/L	% SAT			
Cataróbica	k	<-0.5	<500	<2	VARIOS	VARIOS	0	0	Cloro residual
Xenosapróbica	x	<0.5	<10 ³	<10 ³	>8	>60	<1	0	
Oligosapróbica	o	<1.5	<10 ⁴	<5X10 ³	>6	>50	<2.5	0	
β-Mesosapróbica	β	<2.5	<5X10 ⁴	<10 ⁴	>4	>40	<5	0	
α-Mesosapróbica	α	<3.5	<2.5X10 ⁵	<10 ⁵	>2	>20	<10	0	
Polisapróbica	p	<4.5	<2X10 ⁶	<3X10 ⁶	>0.5	>10	<50	TRAZAS	POR > + 200 mV
Isosapróbica	i	<5.5	<10 ⁷	<3X10 ⁸	TRAZAS	0	<400	<1	POR = +50-200 mV
Metasapróbica	m	<6.5	<10 ⁸	<10 ⁹	0	0	<700	<100	POR < + 50 mV
Hipersapróbica	h	<7.5	<10 ⁹	<10 ⁹	0	0	<2000	<10	Ptomainas presentes
Ultrasapróbica	u	<8.5	<10	0	0	0	<120000	0	
Antisapróbica	a	-	0	0	VARIOS	VARIOS	0	0	Comp. Tóxicos
Radiosapróbica	r	-	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	Isót. Radiact.
Criptosapróbica	c	-	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	VARIOS	Sust. Inorgáni.

POR = Potencial de oxidación-reducción



CLASIFICACION SAPROBICA DE CALIDAD DEL AGUA

Con base en la clasificación sapróbica previamente descrita, en los criterios de calidad correspondientes a los diferentes grados de polución del agua y en la necesidad de adoptar una escala de calificación de calidad que permita discriminar las aguas según sus condiciones, se adopta el índice sapróbico de Pantle y Buck con los criterios de Sládecek (6).

La escala de calificación adoptada en función de las clases sapróbicas se muestra en el cuadro 3.

El índice sapróbico, S, se calcula por la fórmula de Pantle y Buck (6,7,8).

S = (sum of h*s) / (sum of h)

Donde s = Índice sapróbico individual de cada especie presente, el cual puede obtenerse de las listas o tablas de Liebmann, Breitig o Sládecek.

h = Abundancia o frecuencia relativa, de cada especie.

La abundancia o frecuencia relativa, h, de cada especie se califica así (7):

Table with 2 columns: Abundance level (Muy rara, Rara, Moderada) and corresponding value (1, 2, 3).

Table with 2 columns: Frequency level (Frecuente, Muy frecuente, Abundante) and corresponding value (5, 7, 9).

Como es evidente, el sistema de clasificación anterior requiere el conocimiento de la estructura de la comunidad sapróbica para cuantificar el índice sapróbico, S, y asignar la clase sapróbica correspondiente. Por otra parte, una evaluación más certera de las propiedades de un agua debe siempre incluir la combinación de análisis biológicos, físicos, químicos y bioquímicos reconociéndose que toda metodología de medida de calidad de agua adolece de deficiencias y no existe una alternativa única que se considere la óptima para toda condición. Aunque las relaciones entre los múltiples parámetros de calidad de agua usados no son claramente conocidas, se formulan además del índice sapróbico, otros criterios de calificación que permitan, alternativamente, hacer la clasificación propuesta. Finalmente, se anota que el concepto de calidad, como una dimensión del agua sujeta a una descripción numérica, no reemplaza el juicio global autorizado del evaluador y constituye simplemente una herramienta de ayuda en la toma de decisiones por parte de los administradores y usuarios del recurso.

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Con base en la clasificación sapróbica descrita se establece un índice global de calidad del agua, IGC, según las clases sapróbicas, con valores entre cero y cien. El valor cero corresponde a las condiciones de máxima contaminación, mínima calidad; el valor cien a las condiciones de agua excelente, máxima calidad, y los valores intermedios a las clases sapróbicas representativas de los demás grados de polución.

El índice global de calidad del agua, IGC, se obtiene ponderando los índices individuales de calidad de cada parámetro de calificación, por la expresión siguiente:

IGC = (sum of Pj*Cj) / (sum of Pj)

- Donde: IGC = Índice global de calidad
Cj = Índice de calidad del agua para el parámetro j
Pj = Factor de importancia relativa del parámetro j
j = 1, N
N = Número de parámetros de calidad del agua.

Los parámetros de calidad considerados en la determinación del índice global de calidad son: el índice sapróbico, S, el conteo en placa de bacterias psicrófilas, CP, el número más probable de coliformes, CO, la demanda bioquímica de oxígeno, DBO, y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, POD. La escala de evaluación de cada parámetro se incluye en el cuadro 4.



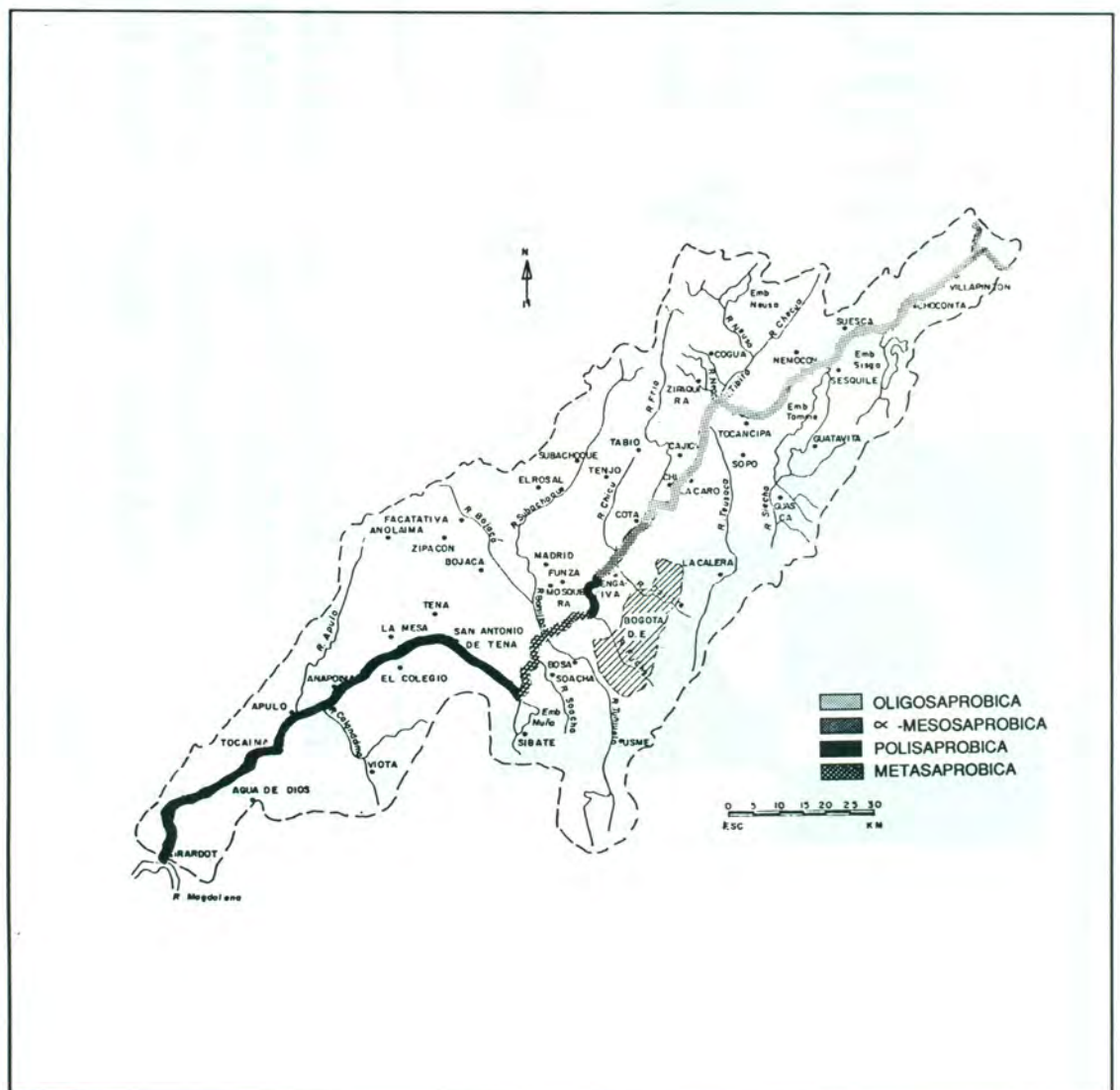
Los valores de importancia relativa, P_j asignados a cada parámetro son:

PARAMETRO	FACTOR DE IMPORTANCIA RELATIVA, P_j
Indice Sapróbico	0.50
Bacterias Psicrófilas	0.10
Coliformes	0.10
DBO	0.20
Porcentaje de saturación de OD	0.10

EJEMPLOS DE CLASIFICACION SAPROBICA

Para determinar los índices de calidad de agua para cada parámetro, C_j , de acuerdo con la escala de calificación conforme a su concentración, se desarrollaron las ecuaciones que se muestran en el **cuadro 5**.

El mapa siguiente muestra los resultados de la clasificación Sapróbica efectuada en el río Bogotá con el modelo del ENA.





CUADRO 3.
ESCALA DE CLASIFICACION SAPROBICA DE AGUAS

CLASE SAPROBICA	SIMBOLO	CRITERIO GENERAL	INDICE SAPROBICO	CALIDAD CUALITATIVA
Cataróbica	k	Aguas excelentes	<0	Excelente
Xenosapróbica	xs	Aguas muy limpias	0-0.5	Muy buena
Oligosapróbica	o	Aguas limpias	0.51-1.5	Buena
β -Mesosapróbica	β	Aguas de calidad media	1.51-2.5	Aceptable
α -Mesosapróbica	α	Aguas poluidas	2.51-3.5	Poluída
Polisapróbica	p	Aguas fuertemente poluidas	3.51-4.5	Muy poluída
Isosapróbica	i	Aguas residuales municipales	4.51-5.5	Inaceptable
Metasapróbica	m	Aguas residuales sépticas	5.51-6.5	Inaceptable
Hipersapróbica	h	Aguas residuales industriales	6.51-7.5	Inaceptable
Ultrasapróbica	u	Aguas residuales industriales fuertes.	7.51-8.5	Inaceptable



CUADRO 4.
PARAMETROS Y CRITERIOS PARA EL SISTEMA
DE CLASIFICACION SAPROBICO

ZONA SAPROBICA	SIMBOLO	IGC	S	CONTEO EN PLACA DE BACTERIAS PSICRO- FILAS, COLONIAS/mL	COLIFORMES NMP/100 mL	POD %	DBO mg/L
Cátaróbica	k	90-100	-1.5- (-0.5)	0-500	0-2	96-100	0
Xenosapróbica	x	80-89.9	-0.49- 0.5	501-1000	3-800	81-95	0.1-1
Oligosapróbica	o	70-79.9	0.51- 1.5	1001-10000	801-3500	65-80	1.1-2.5
β -Mesosapróbica	β	60-69.9	1.51- 2.5	10001-50000	3501-20000	45-64	2.6-5
α -Mesosapróbica	α	50-59.9	2.51- 3.5	50001-250000	20001-150000	21-44	5.1-10
Polisapróbica	p	40-49.9	3.51- 4.5	250001-2x10 ⁶	150001-2x10 ⁶	11-20	11-50
Isosapróbica	i	30-39.9	4.51- 5.5	2000001- 10 ⁷	2000001-5x10 ⁷	1-10	51-400
Metasapróbica	m	20-29.9	5.51- 6.5	10000001- 10 ⁸	50000001-5x10 ⁸	0	401-700
Hipersapróbica	h	10-19.9	6.51- 7.5	100000001- 10 ⁹	NO APLICABLE	0	701-2000
Ultrasapróbica	u	0-9.9	7.51- 8.5	NO APLICABLE	NO APLICABLE	0	>2000



CUADRO 5.
ECUACIONES PARA DETERMINAR LOS INDICES INDIVIDUALES DE CALIDAD DEL AGUA, C.

PARAMETRO	SIMBOLO	J	ECUACION	INTERVALO
INDICE SAPROBICO	S	1	$C_1 = 85 - 10S$	$-1.5 \leq S \leq 8.5$
BACTERIAS PSICROFILAS COLONIAS/mL	CP	2	$C_2 = 100 - 0.02 CP$ $C_2 = 116.06 - 5.21 \ln CP$	$0 \leq CP \leq 1000$ $CP > 1000$
COLIFORMES NMP/100 mL	CO	3	$C_3 = 100 - 5 CO$ $C_3 = 90 - 0.0125 CO$ $C_3 = 144.18 CO^{-0.0685}$	$0 \leq CO \leq 2$ $2 < CO \leq 800$ $CO > 800$
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, mg/L-O ₂	DBO	4	$C_4 = 100e^{-1.0536DBO}$ $C_4 = 88.16e^{-0.0066DBO}$ $C_4 = 70.13 DBO^{-0.137}$ $C_4 = 69.27 DBO^{-0.1397}$ $C_4 = 1756 DBO^{-0.68}$	$0 \leq DBO \leq 0.1$ $0.1 < DBO \leq 5$ $5 < DBO \leq 50$ $50 < DBO \leq 400$ $DBO > 400$
PORCENTAJE DE SATURACION DE OXIGENO DISUELTO, %	POD	5	$C_5 = 30 POD$ $C_5 = 30 + POD$ $C_5 = 43e^{0.0077POD}$	$0 \leq POD \leq 1$ $1 < POD \leq 20$ $20 < POD \leq 100$



JAIRO A. ROMERO ROJAS es Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, Master de Ingeniería en Ingeniería Ambiental de Rensselaer Polytechnic Institute, Profesor de la Universidad Nacional de Colombia y de la Escuela Colombiana de Ingeniería, consultor en Ingeniería Ambiental y autor de más de quince publicaciones.

1. Nemerow, N.J. "Scientific Stream Pollution Analysis", Mc Graw-Hill Book Co., 1974.
2. Kolwitz, R., Marsson, M., "Ökologia der Pflanzlichen Saprobien", Ber dt. Botan Ges 26A, 505, 1908.
3. Kolwitz, R., y Marsson, M., "Ökologia der Tierischen Saprobica", Internat. Rev. ges Hydrobiol. Hydrol., 2, 126, 1900.
4. Bartsch, A.F., "Water Pollution - An Ecological Perspective", J. WPCF., Vol. 42, 819, 1970.
5. Sládecek, V., "The future of the Saprobity System", Hydrobiologia, 25, W. Junk Publishers, The Hague, 1965.
6. Sládecek, V., "Contiental Systems for the Assessment of River Water Quality", capítulo 3, Biological Indicators of Water Quality, John Wiley & Sons, 1979.
7. Uhlmann, D., "Hydrobiology", John Wiley & Sons, 1979.
8. Schwoerbel, J., "Métodos de Hidrobiología", ediciones H. Blume, 1975.
9. Gaviria S., Rodríguez C., "Estudio de la calidad del agua del Río Bogotá, Aguas arriba de Tibitó", EAAB, Revista Acodal, Enero-Abril de 1983.
10. Mejía, Millán y Perry Ltda., "Estudio Nacional de Aguas", Volumen III, Cap. 7, Noviembre de 1984, Departamento Nacional de Planeación.



**ACERIAS
PAZ DEL RIO, S.A.**
patrimonio de los colombianos.

Alambre brillante
Alambre negro recocido
Alambre galvanizado
Alambre de púas
Alambrones trefilables
Barras de alta resistencia
Rollos para refuerzo de concreto
Laminados en caliente:
– Desbaste en rollo
– Lámina gruesa

Cemento Portland
Cemento Siderúrgico

Abono Paz del Río
Alquitrán
Sulfato de amonio
Oxígeno y Nitrógeno

Geometría de un Polígono

Por ALFONSO RAMIREZ RIVERA

En muchas aplicaciones técnicas se presenta con frecuencia el problema de calcular las propiedades geométricas de una figura plana.

Cuando la figura se puede determinar mediante ecuaciones algebraicas, sus propiedades geométricas se pueden calcular utilizando los métodos de cálculo integral.

En el caso de triángulos, rectángulos y polígonos regulares se tienen fórmulas y procedimientos elementales para efectuar los cálculos.

Para figuras irregulares los cálculos geométricos pueden ser muy laboriosos. A continuación se presenta un pequeño programa de computador que resulta muy conveniente para efectuar dichos cálculos. El programa produce resultados exactos en el caso de polígonos, y resultados en el grado de precisión que se desee para figuras con bordes curvos representadas aproximadamente como polígonos inscritos.

El polígono se determina mediante las coordenadas de los vértices en un sistema de ejes rectangulares XY y el programa permite calcular:

- El área
- Las coordenadas del centro de gravedad
- Los segundos momentos de área y el momento mixto (momentos de inercia y producto de inercia)

con respecto a los ejes de coordenadas y a ejes centroidales paralelos a los de coordenadas.

- Los segundos momentos principales de área y el ángulo de los ejes principales con el eje X de coordenadas.

Los vértices se deben numerar de un modo continuo y consecutivo a partir del vértice 1, en sentido antihorario. Si existen huecos, estos se pueden descontar numerando sus vértices en sentido contrario y conectándolos al contorno externo mediante una línea imaginaria que una un vértice externo con uno interno. Dichos vértices conectados quedan entonces con una numeración doble.

El algoritmo utiliza las fórmulas del trapecio, descomponiendo la figura en trapecios paralelos a los ejes de coordenadas, limitados por cada lado del polígono y por su proyección en el eje correspondiente. Los resultados son el promedio de las sumas de los resultados parciales de los trapecios horizontales y de los verticales, con lo cual se reduce al mínimo la imprecisión numérica que producen los trapecios de altura muy pequeña.

A continuación se presenta el listado de una versión en Basic del programa, el cual se puede modificar y refinar fácilmente según el dialecto utilizado por el usuario.

También se presenta un ejemplo que puede aclarar cualquier duda sobre la aplicación del programa.

Programa

```
PRINT* AREA, CENTROIDE Y SEGUNDO MOMENTO DE AREA DE UN POLIGONO*
PRINT
PRINT* POLIGONO DEFINIDO POR LAS COORDENADAS DE LOS VERTICES*
PRINT
PRINT* NUMERO DE VERTICES: vértices del contorno exterior*
PRINT* + suma de los vértices de los contornos interiores*
PRINT* + dos veces el número de celdas.*: PRINT
INPUT* Número total de vértices*: n
DIM x(n): DIM y(n)

LPRINT* COORDENADAS DE LOS VERTICES
LPRINT* Vértice X Y*: LPRINT
INPUT* Coordenadas del primer vértice*: x1, y1
LPRINT* 1*, x1, y1: xx=x1: yy=y1: PRINT
```



```

PRINT* ENTRAR LAS COORDENADAS DE LOS DEMAS VERTICES EN SENTIDO
ANTIHORARIO*: PRINT
FOR i=2 TO n
PRINT "Coordenadas de" i
INPUT* x,y,x,y
LPRINT i,x,y

10 a=a+(xx*y-x*yy)/2
ay=ay-(yy*x^2-y*xx^2)/4-(y-yy)*(x-xx)^2/12
ax= ax+(xx*y ^2-x*yy ^2)/4+(x-xx)*(y-yy)^2/12
ix=ix-(x-xx)*(y+yy)*(y^2+yy^2)/12
iy=iy+(y-yy)*(x+xx)*(x ^2+xx^2)/12
j=j+xx^2*(y-yy)*(y+yy)/4+(x-xx)^2*(y-yy)^2/72+(x-xx)*(y-yy)*(2*xx+x)*(yy+2*y)/18
IF w=1 THEN 20
xx=x: yy=y
NEXT i
LPRINT: x=x1: y=y1
w=1
GOTO 10

20 w=0
Xo=ay/a: Yo=ax/a
gxi=ix-a*Yo ^2: gyi=iy-a*Xo^2
IF gxi<>gyi THEN 30
jg=0: iu=gxi: iv=iu: alfa=0
GOTO 40

30 jg=j-a*Xo*Yo
u=(gxi+gyi)/2: v=(gxi-gyi)^2/4 +jg^2
iu=u-SQR(v): iv=u+SQR(v)
alfa = .5*ATN(2*jg/(gxi-gyi))

40 LPRINT* AREA A="a" CENTROIDE: Xo = "Xo" Yo = "Yo: LPRINT
LPRINT* SEGUNDOS MOMENTOS DE AREA": LPRINT
LPRINT* Ejes de referencia": LPRINT
LPRINT* Coordenadas: lxx="ix; TAB(35); "lyy="iy; TAB(54); "lxy="j: LPRINT
LPRINT* Centroidales: lxx="gxi; TAB(35); "lyy="gyi; TAB(54); "lxyg="jg: LPRINT
LPRINT* Principales: iu="iu:TAB(36); "iv="iv:LPRINT
LPRINT* Angulo de los ejes principales (+ antihorario): alfa= "alfa: LPRINT

END

```

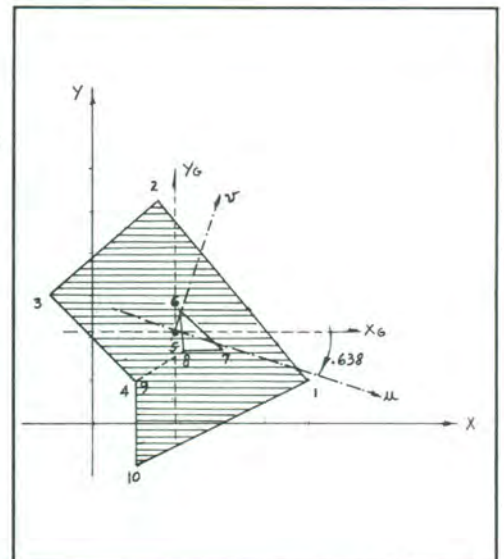
Resultados (Editados)

COORDENADAS DE LOS VERTICES		
Vértice	X	Y
1	5	1
2	1.5	5.2
3	-1	3
4	1	1
5	2.1	1.6
6	2	2.6
7	3	1.7
8	2.1	1.6
9	1	1
10	1	-1

AREA A = 16.645
 CENTROIDE: Xo = 1.898859
 Yo = 2.103444

SEGUNDOS MOMENTOS DE AREA

Ejes de referencia
Coordenadas:
 lxx = 103.8245
 lyy = 84.45766
 lxy = 57.03039
Centroidales:
 lxx = 30.17908
 lyy = 24.44138
 lxyg = -9.452106
Principales:
 iu = 17.43235
 iv = 37.18811
 Angulo de los ejes principales (+ antihorario):
 alfa = -.6380594





La necesidad de reorganizar institucionalmente el sector transporte

Por GERMAN SILVA FAJARDO
Viceministro de Obras públicas y Transporte

Modernizar la economía colombiana, abriendo gradualmente el mercado interno a la competencia internacional como mecanismo para mejorar la eficiencia de nuestra industria y lograr su posterior competitividad en los mercados externos, requiere que se modernicen simultáneamente aquellos sectores que participan dentro del proceso de producción, transporte y comercialización de nuestros productos hacia el exterior.

La circunstancia que se presenta en nuestro país por estar ubicada gran parte de la indus-

mo, les permitan a nuestros productos ser competitivos en el exterior.

En el gobierno del Presidente Barco se han tomado importantes medidas dirigidas a modernizar el transporte, racionalizar sus costos y aumentar su eficiencia. Se modifica la reserva de carga para las empresas navieras, se autoriza la construcción de puertos privados, se está modificando el estatuto tarifario de Colpuertos para estimular la movilización de contenedores y cargas unitarizadas, se inician programas de reducción de personal en los terminales.



tría en el interior, a más de 500 km. de los puertos de exportación, hace que el transporte sea uno de los elementos que deban ser modernizados para que el costo agregado por concepto de cargue, movilización dentro del país, costos portuarios y transporte maríti-

Se reestructuran los Ferrocarriles Nacionales de Colombia y se construye la Carretera Troncal del Magdalena contribuyendo positivamente en la reducción de costos de transporte entre la Costa Atlántica y el interior del país. Se reforma el Código de Comercio introduciendo la figura del "Operador de Transporte Multimodal" y simultáneamente la Aduana Nacional estudia un nuevo estatuto de Tránsito Aduanero, medidas que permitirán inspeccionar en origen y realizar el aforo en destino, a las cargas movidas en contenedores, racionalizando su uso y reduciendo los costos portuarios al

permitir el cargue o descargue directo buque-camión ó buque-vagón de ferrocarril, sin necesidad de inspección aduanera en los ferrocarriles.

Aunque sin duda alguna, estas medidas y acciones significan un avance trascendente



en la cadena del transporte colombiano, la organización institucional del sector transporte presenta deficiencias que ameritan proponer un cambio que permita fortalecerlo, y concentrar en una sola entidad la responsabilidad de la fijación de políticas, realizar el planeamiento, definir los planes de expansión de la infraestructura vial y asignar los recursos correspondientes. Por otra parte se debe descentralizar la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial, así como la prestación de los servicios portuario y de transporte.

En la actual organización institucional, el ministerio de Obras Públicas y Transporte es el organismo rector del sector de transporte, y por lo tanto, el establecer y fijar políticas de transporte es su función fundamental. Sin embargo, debido a su estructura, la ejecución directa de la infraestructura vial, carreteras y canales navegables, se ha convertido en la práctica en su actividad esencial. El MOPT es simultáneamente rector del sector transporte y ejecutor de proyectos de carreteras y vías fluviales, actividad ejecutora que absorbe la mayoría de los recursos físicos, técnicos y financieros. La urgencia diaria generada por la ejecución, en la práctica limita su acción en la

fijación de políticas de transporte. Por cumplir funciones ejecutoras que no deberían ser de su competencia, delega las funciones de organismo rector que sí le corresponden.

Dentro de una adecuada organización institucional, el Ministerio debe establecer y fijar la política sectorial; los establecimientos públicos y las empresas industriales y comerciales del Estado deben ser los ejecutores de esta política, y las sociedades de economía mixta y el sector privado deben prestar el servicio público de transporte.

Sin embargo, en la organización actual, no todas las funciones de organismo rector del transporte están asignadas al Ministerio de Obras Públicas y Transporte, ya que existen otros organismos del Estado que dirigen y controlan la aviación civil, y las actividades del transporte marítimo y de cabotaje. Igualmente, organismos descentralizados adscritos al MOPT ejercen simultáneamente funciones de rectores de la política de transporte, la ejecutan al construir y mantener la infraestructura vial, y además operan y prestan el servicio público de transporte, tal como puede observarse en la figura 1.

**FIGURA No. 1
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Y TRANSPORTE**

"SITUACION ACTUAL"					
	TRANSPORTE POR CARRETERA	TRANSPORTE FLUVIAL	TRANSPORTE MARITIMO	TRANSPORTE FERREO	TRANSPORTE AEREO
Ministerios	M.O.P.T.	M.O.P.T. M.O.P.T.	Min. Defensa (DIMAR)		
Departamento Administrativo					Depto. Administ. Aeronáutica civil
Organismos Descentralizados	INTRA Caminos Vecinales	SENARC (Mindefensa)	Colpuertos Colpuertos	Ferrovías Ferrovías	
Empresas	Trans. Municipal Trans. Intermunic. Trans. Carga	Comp. Navieras	Comp. Navieras	S.T.F.	Aerolíneas Colombianas
			Fija Políticas	Ejecuta	Opera



Por otra parte, no existen organismos específicamente responsables de la regulación y control del transporte multinacional, del transporte internacional, del transporte masivo ni de los terminales de transporte.

Los recursos de la Nación destinados a inversiones en infraestructuras de transporte, corresponden fundamentalmente a los establecidos por la Ley 30 de 1982, de los cuales el 10% son destinados a ferrocarriles, no menos del 10% a caminos vecinales y el resto a carreteras nacionales. Actualmente no es posible modificar el porcentaje de participación ni asignar parte de estos recursos a otros modos de transporte, aún si las prioridades y las conveniencias del sector así lo requieran.

En consecuencia, parece conveniente analizar la posibilidad de transformar el Ministerio de Obras públicas y transporte en un **Ministerio de Transporte**, responsable de la política de este sector, que controle y reglamente el universo del transporte en sus diferentes modos, y maneje los recursos nacionales para financiar las obras de infraestructura de transporte de acuerdo con las prioridades del sector y de la nación.

Es igualmente necesario, crear un Fondo Nacional de Transporte cuyos recursos puedan ser distribuidos y asignado, de acuerdo con planes de expansión de la infraestructura de los diversos modos de transporte, que consulten claros criterios técnicos, económicos y sociales.

El Ministerio de Transporte podrá tener una estructura orgánica compuesta por Direcciones Generales responsables de la fijación de la política de cada uno de los modos de transporte, Oficinas Asesoras que realicen la coordinación intermodal, Establecimientos Públicos y Empresas Industriales y Comerciales que construyan y modernicen la estructura vial, y empresas de economía mixta responsables por la prestación del servicio, tal como se indica a continuación:

MINISTRO, VICEMINISTRO Y SECRETARIO GENERAL

*** Oficinas Asesoras:**

- Oficina de planeación
- Oficina jurídica
- Oficina de Transporte Multimodal e Internacional
- Oficina de Terminales de Transporte

*** Direcciones Generales:**

- Dirección General de Transporte Automotor

- Dirección General de Transporte Acuático
- Dirección General de Transporte Ferroviario
- Dirección General de Transporte Aéreo
- Dirección General de Transporte Masivo
- Dirección General de Servicios Administrativos
- Dirección General de Valorización

*** Organos Consultores y Asesores:**

- Consejo Superior de Transporte

*** Establecimientos Públicos:**

- Fondo Nacional del Transporte
- Fondo de Pasivos Sociales del Ferrocarril
- Fondo de Pasivos Sociales de Puertos
- Instituto de Caminos Vecinales

*** Empresas Industriales y Comerciales del Estado:**

- Empresa Colombiana de Vías Férreas - Ferrovías
- Empresa Colombiana de Carreteras Nacionales -Autovías-
- Empresa Colombiana de Vías Fluviales - Fluviovías
- Empresa Colombiana de Aeropuertos

*** Sociedades de Economía Mixta**

- Corporación Financiera del Transporte S.A.
- Sociedad de Transporte Ferroviario S.A. - S.T.F.
- Empresa de Canalización y Dragados - Emcanales
- Puertos Autónomos

En la figura 2 se muestra cómo con una organización institucional como la mencionada, las funciones asignadas a cada entidad concuerdan con el nivel jerárquico que deben desempeñar dentro de la organización del Estado.

Considero esencial para el desarrollo del transporte y para que éste pueda contribuir eficazmente en la modernización de la economía, el realizar un profundo cambio institucional que permita fortalecer su planeamiento, realizar la coordinación intermodal, asignar los recursos nacionales que maximicen los beneficios, asignar las funciones de ejecución de la infraestructura vial a empresas industriales y comerciales del Estado y asignar la operación y la prestación del servicio a empresas de economía mixta y a los particulares.



FIGURA No. 2
MINISTERIO DE TRANSPORTE

	TRANSPORTE POR CARRETERA	TRANSPORTE FLUVIAL	TRANSPORTE MARITIMO	TRANSPORTE FERREO	TRANSPORTE AEREO	TRANSPORTE MASIVO
Ministerios	Ministerio de Transporte	Ministerio de transporte	Ministerio de transporte	Ministerio de Transporte	Ministerio de Transporte	Ministerio de Transporte
Organismos Descentralizados	Autovías Caminos Vecinales	Fluivías		Ferrovías	Empresa Colombiana de Aeropuertos	
Empresas Privadas o Mixtas	<i>Tr. Municipal</i> <i>Tr. Interpal</i> <i>Tr. Carga</i>	<i>Compañías Navieras</i>	<i>Puertos autónomos</i> <i>Emcanales</i> <i>Compañías Navieras</i>	<i>S.T.F.</i> <i>Ferrocarril Occidente</i>	<i>Aerolíneas Colombianas</i> <i>SATENA</i>	<i>Empresas Municipales de Transporte Masivo</i>
			Fija Políticas	Ejecuta	Opera	





Resistencias de Tomas a Tierra-Verificación

Bajo este título el Departamento de Ingeniería Eléctrica de LA ESCUELA se propone realizar varias pruebas de tipo experimental para verificar el funcionamiento de las tomas de tierra para funcionamiento eficiente en sus varios propósitos como conducción a tierra de las descargas atmosféricas, conductor eventual de retorno de corrientes, puesta a potencial cero de carcasas y chasis de aparatos, entre otros.

Es sabido que por lo general, el polo negativo de la batería y del dinamo ó de la fuente de energía de un carro va conectado a su bastidor metálico o chasis. Algo similar se tiene en la nave en que viajamos a través del espacio y que llamamos "LA TIERRA". Su chasis, el terreno o suelo, en conjunto es buen conductor aunque algunas porciones de él, arenas secas, rocas, etc. sean malas conductoras.

Los polos negativos (instantáneos) de los alternadores y transformadores de potencia van conectados (sólidamente) a este chasis. Existen innumerables trabajos evaluativos y teóricos sobre los sistemas de puesta a tierra, realizados por insignes Ingenieros Electricistas, así como muy enjundiosos y científicos "papers" del IEEE.

Consideramos, sin embargo, procedente realizar algunos trabajos experimentales que pueden contribuir al refrescamiento de los conceptos sobre el tema en cuestión.

En esta primera entrega de la Revista se incluye el trabajo que hemos denominado Tierra 1A; como sigue:

TRABAJO TIERRA 1A. - Verificación experimental del gradiente (curva) de potencial entre dos tomas de tierra separadas 30m.

TERRENO: Humus típico de la sabana de Bogotá.

SITIO: Predio de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

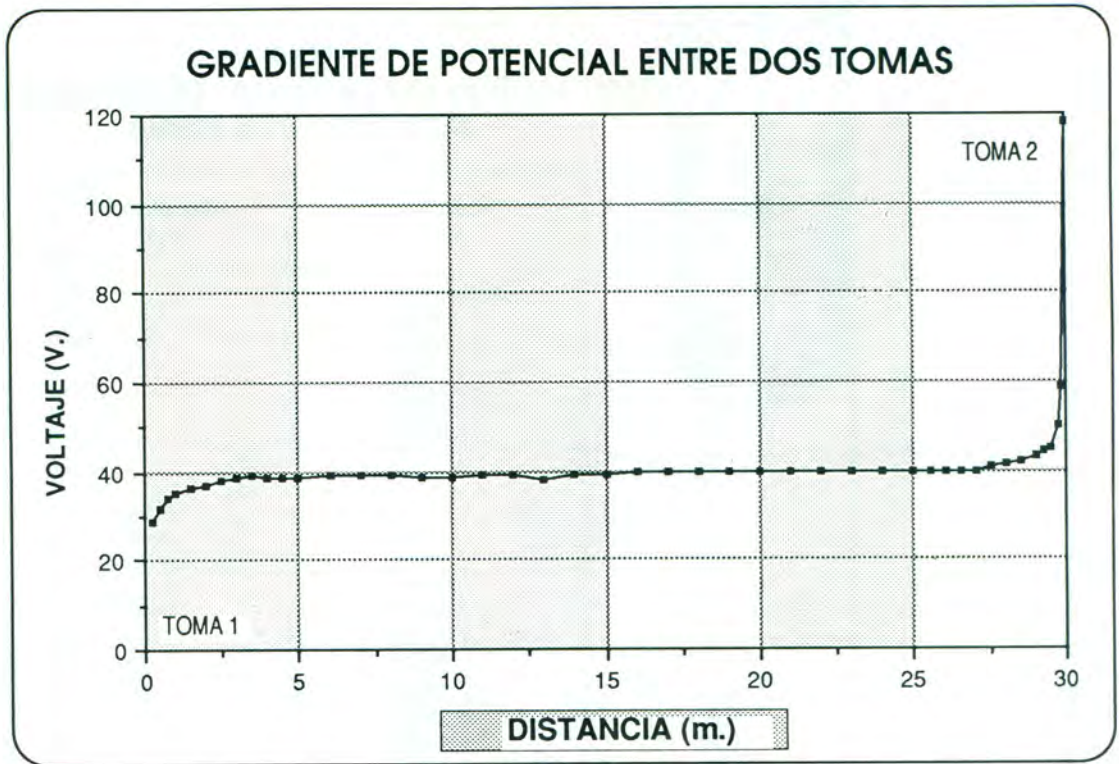
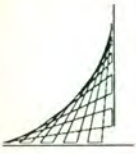
FUENTE DE VOLTAJE: Secundario (separado galvánicamente del primario) de un transformador de relación 1:1 energizado con tensión de la red, de 115v.

INSTRUMENTO DE MEDIDA: Voltímetro digital.

ELECTRODOS: Dos varillas de hierro galvanizado de 50 cm. hincadas en su totalidad en el suelo húmedo por debajo de las raíces del pasto natural del terreno, separados entre sí 30 m.

Antes de proceder a la energización del circuito a investigar, se aplicó el voltímetro entre los dos electrodos hincados a fin de detectar la presencia de eventuales corrientes "errabundas" en el terreno, debidas a que dicho terreno se encuentra localizado entre tomas de tierra, así sean muy distanciadas entre sí, bien pertenecientes a subestaciones, o a subestaciones y edificios.

Hecha la instalación, se la energizó con una diferencia de potencial de 118v. Por medio del electrodo auxiliar de 20 cm., que se iba hincando en el terreno, se hizo la serie de mediciones consignadas en la Tabla I. Unos de los bornes del voltímetro se dejó permanentemente conectado a uno de los electrodos fijos enterrados y el otro fue aplicado a la sonda auxiliar que iba siendo hincada a intervalos convenientes hasta llegar al segundo electrodo con un amperímetro de CA se obtuvo, para el citado voltaje una corriente de 196 mA.



- 1.- El 100% de la resistencia de la Toma 1 (Electrodo 1) se encuentra a una distancia de 3,50 m. del mismo y es en total de $39\text{V}/0,196\text{ A}=199\Omega$.
- 2.- El 100% de la resistencia de la Toma 2 (Electrodo 2) se encuentra entre los 27m. y los 30 (en 3 m.) y es de $(118-40)/0,196=398\Omega$.
- 3.- El 74% de la resistencia de la Toma 1 se encuentra a 0,25m. del respectivo electrodo.
- 4.- El 76% de la resistencia de la Toma 2 se encuentra en una distancia de 0,13m. de su electrodo.

ADVERTENCIA: A pesar de que el hincamiento de los electrodos se hizo en forma rectilínea evitando al máximo su movimiento lateral que condujera a desmejorar el contacto entre el electrodo y el suelo, parece que en este contacto reside la mayor parte de la resistencia de la toma.

- 5.- Entre los 3,50m. de la Toma 1 y los 3 de la Toma 2 la resistencia del terreno es prácticamente nula. Esto se puede explicar si se considera que la conductividad del terreno en el tramo intermedio es la de todo el globo terráqueo cuya sección puede considerarse infinita y para sección de un conductor su resistencia es cero.

Lo anterior corrobora lo que se afirma en textos y escritos sobre la materia, o sea que la resistencia de la Toma de Tierra promedio se encuentra en el contacto del electrodo con el suelo y un volumen de éste hasta aproximadamente 5m. de dicho electrodo.

POSTERIORMENTE: trabajo "Tierra 2A": Líneas equipotenciales y voltajes alrededor de una toma de tierra.

Trabajo "Tierra 3A": Resistencia de una toma de tierra. en función de la profundidad de hincamiento vertical de un electrodo de **copper-weld**.



TABLA I:
VERIFICACION EXPERIMENTAL DE VOLTAJE ENTRE
DOS TOMAS DE TIERRA

Distancia m	Voltaje v	Gradiente V/M	Resistencias parciales
0	Electrodo 1		
0.25	29.00	116	148 ohm
0.50	32.00	12	15.3
0.75	34.00	4	5.1
1.00	35.00	4	5.1
1.50	36.50	3	7.7
2.00	37.00	1	2.6
2.50	38.00	2	5.1
3.00	38.50	3	2.6
3.50	39.00	1	2.6
4.00	38.50	-1	-2.6
4.50	38.50	0	0
5.00	38.50	0	0
6.00	39.00	1	2.6
7.00	39.00	0	0
8.00	39.00	0	0
9.00	38.50	-1	-2.6
10.00	38.50	0	0
11.00	39.00	1	2.6
12.00	39.00	0	0
13.00	38.00	1	5.1
14.00	39.50	1.5	7.7
15.00	39.50	0	0
16.00	39.80	0.3	0.7
17.00	39.80	0	0
18.00	39.80	0	0
19.00	39.80	0	0
20.00	40.00	0.2	1.0
21.00	40.00	0	0
22.00	40.00	0	0
23.00	40.00	0	0
24.00	40.00	0	0
25.00	40.00	0	0
25.50	40.00	0	0
26.00	40.00	0	0
26.50	40.00	0	0
27.00	40.00	0	0
27.50	41.00	2	5.1
28.00	41.50	1	2.6
28.50	42.00	1	2.6
29.00	43.00	2	5.1
29.25	44.51	6	7.7
29.50	45.00	2	2.5
29.75	50.20	4.5	26.5
29.87	59.00	7.3	44.9
30.00	118.00	453.8	301.5 Ω
		Electrodo 2	

LUIS JORGE AGUDELO A. es Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá) con postgrado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Berlín (Charlottenburg, RFA). Profesor en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia desde 1965. Director del mismo Departamento en dos períodos. Profesor y Jefe de los Laboratorios de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Colombiana de Ingeniería desde el establecimiento de la carrera de Ingeniería Eléctrica.