127

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
ESTUDIO CLIMATOLOGICO-HIDROLOGICO DE CARACAS
Y SU CUENCA HIDROGRAFICA

INSTRUCTIVO PARA LA DETERMINACION DE COTAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR A PARTIR DE LECTURAS PRACTICADAS CON ALTIMETROS DE PRECISION

Prof. ROBERTO J. ALVAREZ

Prof. FERNANDO KEY SANCHEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

CARACAS
1966

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Estudio Climatológico-Hidrológico de Caracas
y su Cuenca Hidrográfica

INSTRUCTIVO PARA LA DETERMINACION DE COTAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR A PARTIR DE LECTURAS PRACTICADAS CON ALTIMETROS DE PRECISION

Prof. Roberto J. Alvarez

Prof. Fernando Key Sánchez

Caracas, 1.966

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PREAMBULO

El conjunto de instrucciones, planillas, gráficos y tablas que se incluyen en el presente trabajo, han sido elaboradas en el proceso de integración de la documentación básica para el "Estudio Climatológico-Hidrológico de Caracas y su Cuenca Hidrográfica", que forma parte del Estudio de Caracas adelantado por la Universidad Central de Venezuela en homenaje al próximo cuatricentenario de nuestra ciudad - sede. Una de las labores previas en dicha integración de información básica, es la de disponer de la ubicación y características precisas - de cada estación climatológica o hidrológica existente en la cuenca o en sus inmediaciones. Con frecuencia los datos o "fichas" de tales - estaciones están incompletos, particularmente, el dato de la altitud - -tan importante para estudios climatológicos- o no se tiene o está groseramente determinado mediante ubicación imprecisa en cartas acotadas; sólo algunas estaciones disponen de tal dato basado en nivelaciones topográficas.

Esta necesidad de revisar o completar el dato de la altitud de las estaciones, impulsó la elaboración de un método que permitiera obtenerlo en tiempo corto, con poco costo y con suficiente aproximación. De allí surgieron los materiales recogidos en este trabajo, - el cual es, así, un sub-producto del Estudio Climatológico de Caracas y su Cuenca. Hemos pensado, por otra parte, que en diversas ramas de la Ingeniería, particularmente en las relacionadas con estudios preliminares y con inventarios de recursos, se presenta la misma necesidad de levantamientos acotados celerimétricos y de poco costo. Y que, por lo tanto, la publicación de estos materiales, que envuelven en detalle todo el procedimiento desde la toma de datos de campo hasta su cómputo en la oficina, podría ser útil para geólogos, agrólogos, hidrólogos, - forestales, proyectistas de comunicaciones y técnicos de ramas similares o asociadas.

Tales son, pues, las razones de esta publicación y ella va con nuestro más sincero deseo de que logre realmente ser útil dentro

de la necesidad nacional de ampliar nuestra información básica a ritmo rápido.

Caracas: marzo 15 de 1.966.-

Prof. Roberto J. Alvarez
Jefe del Departamento de
Meteorología e Hidrología.
Facultad de Ingeniería UCV.

Prof. Fernando Key Sánchez
Director del Instituto de
Ingeniería Agricola.
Facultad de Agronomía UCV.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

ESTUDIO CLIMATOLOGICO-HIDROLOGICO DE CARACAS
Y SU CUENCA HIDROGRAFICA

INSTRUCTIVO PARA EL CALCULO DE COTAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR A PARTIR DE LECTURAS PRACTICADAS CON ALTIMETROS DE PRECISION

A).- Objetivo:

Este instructivo ha sido preparado con el objeto de sistematizar el proceso de determinación de las altitudes de las estaciones climatológicas e hidrológicas comprendidas en la cuenca hidrográfica en que está Caracas (cuenca del río Guaire-aguas abajo de Petare) y en las proximidades de su parteaguas, a partir de las lecturas de campo practicadas con altímetros Paulin de precisión, incluyendo las lecturas correspondientes en los termómetros graduados en ºF que los acompañan.

B).- Procedimiento de operación de campo:

El método de operación utilizado es el de practicar lecturas aproximadamente simultáneas en dos altímetros del mismo tipo:

a) Uno fijo, en la estación-base, que es leído a intervalos regulares. En nuestro caso el altímetro fijo permanece establecido en la oficina del Departamento de Meteorología e Hidrología, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Central de Venezuela (Ciudad Universitaria de Caracas).

b) El otro, móvil, en recorridos preestablecidos de visita a las diversas estaciones de la Cuenca. En los casos en que resultare necesario podrán usarse 2 ó más altímetros siguiendo recorridos diferentes cada uno.

El procedimiento de operación de campo es el indicado en el resumen en español que hemos hecho de la parte correspondiente

del folleto "Precisión Altimetric Survey Procedure" del Dr. R. A. Hogdson, editado por la American Paulin Sistem, que se acompaña bajo la designación Anexo I. Y también en las "Instrucciones Complementarias para la Determinación de Altitudes de Estaciones Climatológicas e Hidrológicas, mediante el uso de Altímetros de Precisión y de Hipsómetros" preparado por nosotros y que se acompaña bajo la designación de Anexo II.

Las lecturas practicadas en el campo y en la estación fija se anotan en las cols. 1,2,3,4,5 y 6 de las minutas del tipo - que se acompaña bajo la designación de Anexo III. En las otras columnas de la propia minuta se realiza en la oficina el cálculo de las cotas de cada punto, aplicando las correcciones del caso, según el proceso que se expone en el punto siguiente.

C).- Procedimiento de cálculo:

El proceso de cálculo que sigue es el aplicado a las lecturas de campo según las minutas mencionadas (Anexo III).

1).- Bases del cálculo.

El fundamento teórico del uso de altímetros, constituídos esencialmente por cápsulas barométricas metálicas, requiere - tomar en consideración las condiciones concretas de presión - barométrica y de temperatura existentes en el momento de la - lectura, con respecto a los respectivos valores medios y con respecto a los que sirvieron para la calibración inicial de - la escala del altímetro. Esto implica la necesidad de aplicar correcciones a las lecturas practicadas con altímetros en lugares y momentos dados. Estas correcciones son de dos tipos principales:

a) Por temperatura; debida a la diferencia entre el peso de la columna de aire correspondiente a la temperatura existente en el lugar cuando se hizo la lectura y la correspondiente a la de 50ºF en que fué calibrada la escala del altímetro Paulin.

b) Por presión barométrica; debida a la diferencia entre la que existía en el momento concreto en que se practicó la lectura dada y la media del sitio.

El Dr. R.A. Hogdson en el folleto antes mencionado, expone con mayor detenimiento los fundamentos de estas correcciones y la manera de aplicarlas, aunque en dicha aplicación hemos introducido algunas modificaciones en el modus-operandi, que expondremos más adelante.

El Dr. Hogdson indica, además, que la corrección por humedad del aire que debe considerarse, es muy pequeña y puede despreciarse, a más de que los altímetros Paulin ya traen incorporada a su escala una corrección media por este concepto.

2).- Se trata de una nivelación barométrica.

En nuestro caso hemos adoptado como modus-operandi el de la nivelación barométrica, en la cual partiendo de un punto de altitud conocida, establecida por nivelación topográfica de precisión (B.M. "U.C.V. Nº 2"), se van obteniendo, mediante las diferencias de nivel, determinadas con altímetros y corregidas adecuadamente, las cotas de los puntos sucesivos del levantamiento. Esto quiere decir que las correcciones (por variaciones de temperatura y de presión) son aplicadas a las diferencias entre dos lecturas consecutivas y no a las lecturas individuales practicadas en cada sitio. Quiere decir, además, que no es necesaria la calibración de los altímetros en el punto de partida porque, aún cuando estos instrumentos tengan alguna descalibración inicial, siempre será posible llevar el cómputo de las cotas sucesivas partiendo de la cota segura del B.M. y calculando adecuadamente las diferencias de nivel respectivas, dando por supuesto que los altímetros están en buenas condiciones de funcionamiento. Por otra parte, una calibración inicial bien hecha debería serlo con un barómetro patrón y en condiciones medias de temperatura y de presión, lo cual es difícil de lograr en la práctica.

3).- Cálculo y aplicación de las correcciones.

a) Corrección por diferencias de temperatura.

La corrección por diferencias de temperatura se hace aplicando la fórmula dada por los fabricantes (véase folleto del Dr. Hogdson), que puede ser expresada de la manera siguiente:

$$C_{m,n} = (Tm + Tn - 100) \times 0,102 \qquad (1)$$

en la cual: $C_{m,n}$ es la corrección, en %, que debe ser aplicada a la diferencia de las lecturas L_n y L_m, practicadas en los puntos N y M del recorrido; Tm y Tn son las temperaturas en ºF leídas en los puntos M y N cuando se practicaron las respectivas observaciones. El 100 que aparece en el paréntesis es 50ºF, multiplicado por 2, que da la diferencia con respecto a la temperatura de calibración del altímetro. Y el coeficiente 0,102, aplicable a cada ºF de diferencia, ha sido determinado experimentalmente por los fabricantes.

El valor absoluto, $(\Delta_t)_{m,n}$ de la corrección en m. que debe ser aplicada a la diferencia de lecturas es:

$$(\Delta_t)_{m,n} = \frac{Ln - Lm}{100} \times C_{m,n} \qquad (2)$$

El valor de la expresión (Tm + Tn - 100) se calcula y se anota en la columna 8 de la minuta.

El valor de la corrección $(\Delta_t)_{m,n}$ se calcula y se anota en la columna 9. Puede ser obtenido rápidamente mediante el uso de la tabla que hemos preparado, con la colaboración del Hidrometeorologista Arístides Guerra para su cómputo electrónico, y que se acompaña en el Anexo IV.

Es de observar:

1) Que el signo de $C_{m,n}$ será negativo cuando las lecturas hayan sido realizadas a temperaturas menores de

50ºF (10ºC), lo cual difícilmente ocurrirá en nuestro caso de Caracas y su cuenca hidrográfica.

2) Que siendo $C_{m,n}$ generalmente positivo en nuestro caso, $(\Delta_t)_{m,n}$ tendrá el signo de la diferencia Ln-Lm ó sea, que será positivo cuando se vaya ascendiendo ($L_n > L_m$) y negativo en caso contrario.

b) Corrección por variación horaria de la presión barométrica:

La corrección por variación de la presión barométrica en el lapso transcurrido entre dos lecturas sucesivas se tomará del gráfico de dicha variación construído a base del registro llevado en la estación fija. Para dicho procedimiento se parte, pues, de la hipótesis de que la variación horaria de la presión barométrica ha sido en la zona bajo estudio, de un órden similar al registrado en la estación fija; hipótesis que, sin ser rigurosamente exacta, es suficientemente aproximada para el objetivo de los levantamientos del tipo considerado.

En cuanto al modus-operandi, supongamos, por ejemplo, que la lectura L_m del altímetro móvil fué practicada a las 11:15 a.m., en momentos cuando el altímetro base marcaba L'_m = 861 m.s.n.m. y que la lectura L_n fué hecha a las 11:45 en cuyo momento el altímetro fijo marcaba L'_n = 864 m.s.n.m. Se tendrá, pues, que en el intervalo considerado la presión barométrica varió, según la escala del altímetro fijo, en + 3 m; por lo tanto, la corrección a aplicar a la diferencia de nivel $L_n - L_m$ sería de - 3 m, ó sea, la variación indicada por el altímetro fijo con signo contrario. A falta de lecturas del altímetro fijo en los propios momentos en que se practicaron las lecturas L_m y L_n del altímetro móvil, se pueden tomar los valores correspondientes interpolados leídos en el gráfico construído con el registro del altímetro base.

Expresándolo en forma algebraica se tendría:

$$(\Delta_p)_{m,n} = -(L'_n - L'_m) \qquad (3)$$

en cuya expresión: $(\Delta_p)_{m,n}$ sería el valor absoluto de la corrección a aplicar por variación de la presión en el intervalo comprendido entre las lecturas de campo L_m y L_n; - L'_m y L'_n serían los valores registrados en el altímetro fijo a las horas en que se realizaron las lecturas de campo L_m y L_n respectivamente, ó los valores correspondientes tomados del gráfico de variación de las lecturas del altímetro fijo.

El valor computado en cada caso, en la forma antes indicada, se anotará en la columna 10 de la minuta.

A este respecto debe recordarse que la variación de la presión atmosférica se expresa a la inversa en la escala - del altímetro. O sea, que cuando aumenta la presión disminuye la lectura en el altímetro y viceversa. Así, en un - altímetro estacionario en un sitio dado se tendrán las lecturas mínimas cuando la presión atmosférica está en su máxima diaria, alrededor de las 10:00 (10 de la mañana) y las lecturas máximas alrededor de las 16:00 (4 de la tarde) - cuando ocurre la mínima diaria.

4).- <u>Cómputo final de las diferencias de nivel entre dos puntos consecutivos y de las cotas correspondientes</u>.

Calculadas ya las correcciones Δ_t y Δ_p, por variación - de temperatura y de presión respectivamente, se procederá a - calcular la altitud del punto N a partir de la altitud previamente calculada del punto M.

Expresándolo algebraicamente se tendría:

$$A_n = A_m + (L_n - L_m) + (\Delta_t)_{m,n} + (\Delta_p)_{m,n} \qquad (4)$$

en la cual A_m es la altitud del punto M, previamente conocida

o calculada; A_n la altitud por calcular del punto N; L_m y L_n las lecturas de campo practicadas en M y N; y $(\Delta_t)_{m,n}$ y $(\Delta_p)_{m,n}$ las correcciones por variación de temperatura y de presión en el intervalo comprendido entre las lecturas L_m y - L_n .

El valor A_n así calculado se anotará en la columna 11 de - la minuta.

En la columna 12 se anotarán las cotas conocidas, mediante BM ó nivelaciones de precisión, correspondientes a puntos del levantamiento que sea posible obtener.

5).- Cierres parciales y totales de la nivelación altimétrica.

Para tener seguridad en los cálculos que se realicen y para conocer el márgen de error en ellos, es conveniente y necesario hacer cierres parciales y totales de la nivelación altimétrica. Los cierres parciales pueden hacerse tomando lecturas de ida y de regreso en puntos característicos del recorrido (cruces de carreteras, puentes importantes, altosanos de iglesias, parterres o vestíbulos de edificios, etc). Al hacer el cómputo de la nivelación, la diferencia que se tenga en las - altitudes calculadas para un mismo punto mediante las lecturas practicadas a la ida y las practicadas al regreso, indicará el grado aproximación ó de error obtenido en cada sector - del levantamiento. El cierre total se hará practicando a la salida y al regreso del recorrido de cada día, lecturas en el B.M. básico, en nuestro caso el U.C.V. Nº 2. La diferencia que tuviere en el cómputo entre la altitud obtenida para dicho - B.M. al final del cálculo y el valor real de su cota, indicará el grado de aproximación ó de error obtenido en el levantamiento del día.

D).- Ejemplo ilustrativo.

Bajo la designación de Anexo V se acompaña, a manera de - ilustración de lo expuesto, un ejemplo de nivelación altimétrica -

realizado para el Estudio Climatológico-Hidrológico de Caracas, - con la información obtenida en el campo, el correspondiente registro y gráfico de variación del altímetro fijo y el cálculo de las cotas de los puntos sucesivos.

E).- Grado de precisión obtenible.

En los diversos recorridos de nivelación altímetrica realizados para la determinación de las altitudes de las estaciones - climatológicas e hidrológicas de Caracas y sus proximidades, hemos obtenido errores totales de cierre menores de 10 m en la generalidad de los casos. Este error de cierre indicaría un error probable menor de 5 m en las cotas individuales determinadas. Para el objetivo perseguido en nuestros levantamientos ese grado de tolerancia es aceptable, ya que se trata de conocer con aproximación adecuada la altitud de las estaciones y su relación con los factores climáticos que registran.

Creemos que una aproximación del grado indicado es aceptable en la mayor parte de los reconocimientos preliminares realizados por los ingenieros geólogos, hidrólogos, agrónomos, forestales, de comunicaciones, de estudios e inventarios previos de recursos - naturales y de otros tipos. Tanto más si se considera que lecturas altimétricas aisladas pueden estar afectadas de errores superiores a 25 m, por las simples variaciones diarias de temperatura y presión, aún en el caso de que se usen instrumentos bien calibrados y compensados, aparte de que tales lecturas aisladas, no correlacionadas entre sí, son inseguras al no permitir la localización de los errores de observación ó de descomposición del aparato que puedan ocurrir.

Caracas, febrero de 1.966.

ROBERTO J. ALVAREZ FERNANDO KEY S.

ANEXO I

USO DE ALTIMETROS PAULIN DE PRECISION PARA DETERMINACION DE ALTITUDES EN DIVERSOS SITIOS

(Traducción libre de la parte correspondiente del folleto "Precisión Altimeter Survey Procedure" del Dr. Robert A. Hodgson).

Método de un altímetro estacionario (base) y otro móvil para hacer las lecturas en los sitios sucesivos que se desean.

a) Características Generales:

Este método es, en esencia, un refinamiento del método del altímetro único. La diferencia entre ambos métodos está en que en éste se deja un altímetro estacionario en una base para llevar el registro de las fluctuaciones de la presión barométrica. Mientras tanto, con uno ó más altímetros móviles se hacen lecturas en los diversos sitios cuyas altitudes se desea conocer. Debido a que se pueden usar varios altímetros móviles operados simultáneamente y referidos a una misma estación base, este método es muy adecuado para determinar elevaciones en muchos puntos situados dentro de un área extensa en poco tiempo y se adapta bién para levantamientos geológicos y topográficos.

Este método puede ser usado en todos los casos en que sirve el del altímetro único, garantizando varias ventajas adicionales. El altímetro-base lleva un registro de la variación de la presión atmosférica y por lo tanto elimina la necesidad de estimar una tasa constante para dicha variación. Esto amplía grandemente el tiempo que el altímetro móvil puede permanecer fuera de la estación-base. Sin embargo, en éste como en cualquier otro método altimétrico, son limitados la distancia y el tiempo dentro de los cuales puede operar el altímetro móvil. Las distancias y tiempos límites están determinados por las condiciones barométricas locales y se debe tener mucho cuidado en que el altímetro móvil no sea operado en sectores en los cuales dichas condiciones difieran notablemente de las de la estación-base. Si los puntos extremos de un recorrido difieren más de 300 metros de

tes lecturas hechas en la estación base; en las abscisas las horas - en que fueron practicadas dichas lecturas). La corrección barométrica será la diferencia (con signo contrario) de las lecturas registradas en la estación-base, según el gráfico, a las horas en que fueron hechas las lecturas sucesivas, consideradas en cada caso, del altímetro móvil.

El cálculo de las correcciones y de la minuta de campo será hecho en la oficina, de acuerdo a las indicaciones contenidas en el - "Instructivo para el Cálculo de Cotas" antes mencionado.

Traducción libre y anotaciones hechas por F. K. S. y R. J. A. - de la parte correspondiente del folleto "Precision Altimetric Survey Procedure", redactado por el Dr. Robert A. Hodgson y suministrado - por los fabricantes del altímetro "Paulin".

Caracas, noviembre de 1.965

ANEXO II

INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LA DETERMINACION DE ALTITUDES DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS E HIDROLOGICAS, MEDIANTE ALTIMETROS DE PRECISION E HIPSOMETROS.

1º.- Seleccionar un recorrido en el cual se puedan visitar durante la jornada de trabajo el mayor número posible de estaciones, con el menor número de desvíos.

2º.- Procurar que en la visita a cada estación se tomen de una vez todos los datos necesarios para su ficha, incluídos los croquis de localización y acceso. Eliminar la necesidad de volver a una estación para tomar datos que faltaron, salvo casos excepcionales plenamente justificados.

3º.- Antes de comenzar el recorrido, hacer y anotar la lectura inicial al lado del altímetro-base, dejando anotada simultáneamente en la hoja de este altímetro las lecturas correspondientes. Hacer seguidamente la lectura al lado del B.M. de referencia básico (UCV Nº 2).

4º.- Durante el recorrido, procurar dejar cierres parciales de la nivelación altímetrica mediante lecturas hechas en sitios característicos de altitud conocida o fácilmente obtenible. Son puntos adecuados para estos cierres: cruces de carreteras importantes, puentes, parterres o vestíbulos de edificios públicos, etc. En cada uno de estos puntos de cierre parcial deberá hacerse lectura a la ida y al regreso del recorrido.

5º.- En la minuta se marcarán con triángulos y números sucesivos los puntos principales (B.M. estaciones climatológicas o hidrológicas, etc.), así por ejemplo: .△1, BM Nº 2; △2 "Estación Climatológica "La Mariposa-INOS". Se marcarán con círculos y numeración sucesiva los puntos intermedios. El punto intermedio que sea cierre parcial se indicará con el mismo signo y número en las lecturas de ida y de regreso.

6º.- Cuando se siguen recorridos de grandes ascensos ó descensos, tener cuidado de hacer lecturas intermedias que difieran entre sí menos de 300 m de altitud. En estos casos, tales puntos intermedios servirán como cierres parciales. Deberán tomarse en sitios fácilmente identificables y hacerse en ellos lecturas a la ida y al regreso.

7º.- Si se usa también el hipsómetro, se harán con él lecturas sólamente en la estación-base y en el sitio preciso de las estaciones climatológicas ó hidrológicas visitadas.

8º.- Anotar en la columna de "observaciones" el sitio preciso de la estación climatológica ó hidrológica donde se instaló el aparato para la lectura. Por ej. "en el suelo, abajo de la caseta meteorológica de los termómetros," etc. Si se trata de una estación hidrométrica es conveniente hacer la lectura en un sitio relacionado con la mira exterior de la estación, por ej. "al nivel correspondiente a los 2.00 m de la mira exterior". En el caso de las estaciones hidrométricas sería conveniente hacer una lectura adicional en la caseta del limnígrafo, al nivel del aparato o al nivel del piso de esta caseta, según se pueda.

9º.- Usar una minuta de campo para cada día y cada recorrido. No anotar en una misma hoja de minuta lecturas hechas en fechas diferentes, de modo que todas las lecturas anotadas en cada hoja correspondan a la fecha anotada al pie en el recuadro "Lecturas de campo. Fecha. Firma".

NOTAS.

1) En los primeros recorridos se usaron también hipsómetros y sus lecturas compararon bastante bien con las computadas mediante altímetros. Como su utilización es algo laboriosa, se dejó de usar en los recorridos posteriores.

2) Para la utilización de hipsómetros en determinaciones de altitudes veáse la publicación "III.Instrumentos Meteorológicos" del

Servicio de Meteorología y Comunicaciones, del Ministerio de la Defensa, por A.W. Gol., 2da. edición. 1.963, pags. 28-31.

Caracas: noviembre de 1.965

R.J. ALVAREZ

F. KEY S.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Facultad de Ingenieria
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

ESTUDIO CLIMATOLOGICO – HIDROLOGICO
DE CARACAS Y SU CUENCA HIDROGRAFICA

DETERMINACION DE ALTITUDES DE LAS ESTACIONES, MEDIANTE ALTIMETROS PAULIN

Nº DE ORD.	SITIO	KILOMETRAJE VEHIC. KM.	HORA	LECTURAS		DIF. ENTRE LECT. ALTIM. M	T T-100 °F	CORREC. POR TEMP. m	CORREC. BAROMETRICA m	ALTITUD		OBSERVACIONES
				ALTIM. M. S. N. M.	TERM. °F					CALCULO M. S. N. M.	EXACTA O ADOPTADA M. S. N. M.	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)

LECTURAS DE CAMPO	CALCULO	REVISION	HOJA Nº
FIRMA FECHA	FIRMA FECHA	FIRMA FECHA	DE

TABLA DE CORRECCIONES POR VARIACION DE TEMPERATURA APLICABLE EN NIVELACIONES BAROMETRICAS REALIZADAS CON ALTIMETROS "PAULIN" DE PRECISION

T_m+T_n-100 °F	$(C_t)_{mn}$ %	CORRECCION $(\Delta_t)_{mn}$ APLICABLE A LA DIFERENCIA DE LECTURA (L_n-L_m) INDICADA EN M.																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300
20	2.040	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.16	.18	.20	.40	.61	.81	1.02	1.22	1.42	1.63	1.83	2.04	4.08	6.12
21	2.142	.02	.04	.06	.08	.10	.12	.14	.17	.19	.21	.42	.64	.85	1.07	1.28	1.49	1.71	1.92	2.14	4.28	6.42
22	2.244	.02	.04	.06	.08	.11	.13	.15	.17	.20	.22	.44	.67	.89	1.12	1.34	1.57	1.79	2.01	2.24	4.48	6.73
23	2.346	.02	.04	.07	.09	.11	.14	.16	.18	.21	.23	.46	.70	.93	1.17	1.40	1.64	1.87	2.11	2.34	4.69	7.03
24	2.448	.02	.04	.07	.09	.12	.14	.17	.19	.22	.24	.48	.73	.97	1.22	1.46	1.71	1.95	2.20	2.44	4.89	7.34
25	2.550	.02	.05	.07	.10	.12	.15	.17	.20	.22	.25	.51	.76	1.02	1.27	1.53	1.78	2.04	2.29	2.55	5.10	7.65
26	2.652	.02	.05	.07	.10	.13	.15	.18	.21	.23	.26	.53	.79	1.06	1.32	1.59	1.85	2.12	2.38	2.65	5.30	7.95
27	2.754	.02	.05	.08	.11	.13	.16	.19	.22	.24	.27	.55	.82	1.10	1.37	1.65	1.92	2.20	2.47	2.75	5.50	8.26
28	2.856	.02	.05	.08	.11	.14	.17	.19	.22	.25	.28	.57	.85	1.14	1.42	1.71	1.99	2.28	2.57	2.85	5.71	8.56
29	2.958	.02	.05	.08	.11	.14	.17	.20	.23	.26	.29	.59	.88	1.18	1.47	1.77	2.07	2.36	2.66	2.95	5.91	8.87
30	3.060	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.21	.24	.27	.30	.61	.91	1.22	1.53	1.83	2.14	2.44	2.75	3.06	6.12	9.18
31	3.162	.03	.06	.09	.12	.15	.18	.22	.25	.28	.31	.63	.94	1.26	1.58	1.89	2.21	2.52	2.84	3.16	6.32	9.48
32	3.264	.03	.06	.09	.13	.16	.19	.22	.26	.29	.32	.65	.97	1.30	1.63	1.95	2.28	2.61	2.93	3.26	6.52	9.79
33	3.366	.03	.06	.10	.13	.16	.20	.23	.26	.30	.33	.67	1.00	1.34	1.68	2.01	2.35	2.69	3.02	3.36	6.73	10.09
34	3.468	.03	.06	.10	.13	.17	.20	.24	.27	.31	.34	.69	1.04	1.38	1.73	2.08	2.42	2.77	3.12	3.46	6.93	10.40
35	3.570	.03	.07	.10	.14	.17	.21	.24	.28	.32	.35	.71	1.07	1.42	1.78	2.14	2.49	2.85	3.21	3.57	7.14	10.71
36	3.672	.03	.07	.11	.14	.18	.22	.25	.29	.33	.36	.73	1.10	1.46	1.83	2.20	2.57	2.93	3.30	3.67	7.34	11.01
37	3.774	.03	.07	.11	.15	.18	.22	.26	.30	.33	.37	.75	1.13	1.50	1.88	2.26	2.64	3.01	3.39	3.77	7.54	11.32
38	3.876	.03	.07	.11	.15	.19	.23	.27	.31	.34	.38	.77	1.16	1.55	1.93	2.32	2.71	3.10	3.48	3.87	7.75	11.62
39	3.978	.03	.07	.11	.15	.19	.23	.27	.31	.35	.39	.79	1.19	1.59	1.98	2.38	2.78	3.18	3.58	3.97	7.95	11.93
40	4.080	.04	.08	.12	.16	.20	.24	.28	.32	.36	.40	.81	1.22	1.63	2.04	2.44	2.85	3.26	3.67	4.08	8.16	12.24
41	4.182	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.29	.33	.37	.41	.83	1.25	1.67	2.09	2.50	2.92	3.34	3.76	4.18	8.36	12.54
42	4.284	.04	.08	.12	.17	.21	.25	.29	.34	.38	.42	.85	1.28	1.71	2.14	2.57	2.99	3.42	3.85	4.28	8.56	12.85
43	4.386	.04	.08	.13	.17	.21	.26	.30	.35	.39	.43	.87	1.31	1.75	2.19	2.63	3.07	3.50	3.94	4.38	8.77	13.15
44	4.488	.04	.08	.13	.17	.22	.26	.31	.35	.40	.44	.89	1.34	1.79	2.24	2.69	3.14	3.59	4.03	4.48	8.97	13.46
45	4.590	.04	.09	.13	.18	.22	.27	.32	.36	.41	.45	.91	1.37	1.83	2.29	2.75	3.21	3.67	4.13	4.59	9.18	13.77
46	4.692	.04	.09	.14	.18	.23	.28	.32	.37	.42	.46	.93	1.40	1.87	2.34	2.81	3.28	3.75	4.22	4.69	9.38	14.07
47	4.794	.04	.09	.14	.19	.23	.28	.33	.38	.43	.47	.95	1.43	1.91	2.39	2.87	3.35	3.83	4.31	4.79	9.58	14.38
48	4.896	.04	.09	.14	.19	.24	.29	.34	.39	.44	.48	.97	1.46	1.95	2.44	2.93	3.42	3.91	4.40	4.89	9.79	14.68
49	4.998	.04	.09	.14	.19	.24	.29	.34	.39	.44	.49	.99	1.49	1.99	2.49	2.99	3.49	3.99	4.49	4.99	9.99	14.99
50	5.100	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.51	1.02	1.53	2.04	2.55	3.06	3.57	4.08	4.59	5.10	10.20	15.30
51	5.202	.05	.10	.15	.20	.26	.31	.36	.41	.46	.52	1.04	1.56	2.08	2.60	3.12	3.64	4.16	4.68	5.20	10.40	15.60
52	5.304	.05	.10	.15	.21	.26	.31	.37	.42	.47	.53	1.06	1.59	2.12	2.65	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	10.60	15.91
53	5.406	.05	.10	.16	.21	.27	.32	.37	.43	.48	.54	1.08	1.62	2.16	2.70	3.24	3.78	4.32	4.86	5.40	10.81	16.21
54	5.508	.05	.11	.16	.22	.27	.33	.38	.44	.49	.55	1.10	1.65	2.20	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	11.01	16.52
55	5.610	.05	.11	.16	.22	.28	.33	.39	.44	.50	.56	1.12	1.68	2.24	2.80	3.36	3.92	4.48	5.04	5.61	11.22	16.83
56	5.712	.05	.11	.17	.22	.28	.34	.39	.45	.51	.57	1.14	1.71	2.28	2.85	3.42	3.99	4.56	5.14	5.71	11.42	17.13
57	5.814	.05	.11	.17	.23	.29	.34	.40	.46	.52	.58	1.16	1.74	2.32	2.90	3.48	4.06	4.65	5.23	5.81	11.62	17.44
58	5.916	.05	.11	.17	.23	.29	.35	.41	.47	.53	.59	1.18	1.77	2.36	2.95	3.54	4.14	4.73	5.32	5.91	11.83	17.74
59	6.018	.06	.12	.18	.24	.30	.36	.42	.48	.54	.60	1.20	1.80	2.40	3.00	3.61	4.21	4.81	5.41	6.01	12.03	18.05
60	6.120	.06	.12	.18	.24	.30	.36	.42	.48	.55	.61	1.22	1.83	2.44	3.06	3.67	4.28	4.89	5.50	6.12	12.24	18.36
61	6.222	.06	.12	.18	.24	.31	.37	.43	.49	.55	.62	1.24	1.86	2.48	3.11	3.73	4.35	4.97	5.59	6.22	12.44	18.66
62	6.324	.06	.12	.18	.25	.31	.37	.44	.50	.56	.63	1.26	1.89	2.52	3.16	3.79	4.42	5.05	5.69	6.32	12.64	18.97
63	6.426	.06	.12	.19	.25	.32	.38	.44	.51	.57	.64	1.28	1.92	2.57	3.21	3.85	4.49	5.14	5.78	6.42	12.85	19.27
64	6.528	.06	.13	.19	.26	.32	.39	.45	.52	.58	.65	1.30	1.95	2.61	3.26	3.91	4.56	5.22	5.87	6.52	13.05	19.58
65	6.630	.06	.13	.19	.26	.33	.39	.46	.53	.59	.66	1.32	1.98	2.65	3.31	3.97	4.64	5.30	5.96	6.63	13.26	19.89
66	6.732	.06	.13	.20	.26	.33	.40	.47	.53	.60	.67	1.34	2.01	2.69	3.36	4.03	4.71	5.38	6.05	6.73	13.46	20.19
67	6.834	.06	.13	.20	.27	.34	.41	.47	.54	.61	.68	1.36	2.05	2.73	3.41	4.10	4.78	5.46	6.15	6.83	13.66	20.50
68	6.936	.06	.13	.20	.27	.34	.41	.48	.55	.62	.69	1.38	2.08	2.77	3.46	4.16	4.85	5.54	6.24	6.93	13.87	20.80
69	7.038	.07	.14	.21	.28	.35	.42	.49	.56	.63	.70	1.40	2.11	2.81	3.51	4.22	4.92	5.63	6.33	7.03	14.07	21.11
70	7.140	.07	.14	.21	.28	.35	.42	.49	.57	.64	.71	1.42	2.14	2.85	3.57	4.28	4.99	5.71	6.42	7.14	14.28	21.42
71	7.242	.07	.14	.21	.28	.36	.43	.50	.57	.65	.72	1.44	2.17	2.89	3.62	4.34	5.06	5.79	6.51	7.24	14.48	21.72
72	7.344	.07	.14	.22	.29	.36	.44	.51	.58	.66	.73	1.46	2.20	2.93	3.67	4.40	5.14	5.87	6.60	7.34	14.68	22.03
73	7.446	.07	.14	.22	.29	.37	.44	.52	.59	.67	.74	1.48	2.23	2.97	3.72	4.46	5.21	5.95	6.70	7.44	14.89	22.33
74	7.548	.07	.15	.22	.30	.37	.45	.52	.60	.67	.75	1.50	2.26	3.01	3.77	4.52	5.28	6.03	6.79	7.54	15.09	22.64
75	7.650	.07	.15	.22	.30	.38	.45	.53	.61	.68	.76	1.53	2.29	3.06	3.82	4.59	5.35	6.12	6.88	7.65	15.30	22.95
76	7.752	.07	.15	.23	.31	.38	.46	.54	.62	.69	.77	1.55	2.32	3.10	3.87	4.65	5.42	6.20	6.97	7.75	15.50	23.25
77	7.854	.07	.15	.23	.31	.39	.47	.54	.62	.70	.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85	15.70	23.56
78	7.956	.07	.15	.23	.31	.39	.47	.55	.63	.71	.79	1.59	2.38	3.18	3.97	4.77	5.56	6.36	7.16	7.95	15.91	23.86
79	8.058	.08	.16	.24	.32	.40	.48	.56	.64	.72	.80	1.61	2.41	3.22	4.02	4.83	5.64	6.44	7.25	8.05	16.11	24.17
80	8.160	.08	.16	.24	.32	.40	.48	.57	.65	.73	.81	1.63	2.44	3.26	4.08	4.89	5.71	6.52	7.34	8.16	16.32	24.48
81	8.262	.08	.16	.24	.33	.41	.49	.57	.66	.74	.82	1.65	2.47	3.30	4.13	4.95	5.78	6.60	7.43	8.26	16.52	24.78
82	8.364	.08	.16	.25	.33	.41	.50	.58	.66	.75	.83	1.67	2.50	3.34	4.18	5.01	5.85	6.69	7.52	8.36	16.72	25.09
83	8.466	.08	.16	.25	.33	.42	.50	.59	.67	.76	.84	1.69	2.53	3.38	4.23	5.07	5.92	6.77	7.61	8.46	16.93	25.39
84	8.568	.08	.17	.25	.34	.42	.51	.59	.68	.77	.85	1.71	2.57	3.42	4.28	5.14	5.99	6.85	7.71	8.56	17.13	25.70
85	8.670	.08	.17	.26	.34	.43	.52	.60	.69	.78	.86	1.73	2.60	3.46	4.33	5.20	6.06	6.93	7.80	8.67	17.34	26.01
86	8.772	.08	.17	.26	.35	.43	.52	.61	.70	.78	.87	1.75	2.63	3.50	4.38	5.26	6.14	7.01	7.89	8.77	17.54	26.31
87	8.874	.08	.17	.26	.35	.44	.53	.62	.70	.79	.88	1.77	2.66	3.54	4.43	5.32	6.21	7.09	7.98	8.87	17.74	26.62
88	8.976	.08	.17	.26	.35	.44	.53	.62	.71	.80	.89	1.79	2.69	3.59	4.48	5.38	6.28	7.18	8.07	8.97	17.95	26.92
89	9.078	.09	.18	.27	.36	.45	.54	.63	.72	.81	.90	1.81	2.72	3.63	4.53	5.44	6.35	7.26	8.17	9.07	18.15	27.23
90	9.180	.09	.18	.27	.36	.45	.55	.64	.73	.82	.91	1.83	2.75	3.67	4.59	5.50	6.42	7.34	8.26	9.18	18.36	27.54
91	9.282	.09	.18	.27	.37	.46	.55	.64	.74	.83	.92	1.85	2.78	3.71	4.64	5.56	6.49	7.42	8.35	9.28	18.56	27.84
92	9.384	.09	.18	.28	.37	.46	.56	.65	.75	.84	.93	1.87	2.81	3.75	4.69	5.63	6.56	7.50	8.44	9.38	18.76	28.15
93	9.486	.09	.18	.28	.37	.47	.56	.66	.75	.85	.94	1.89	2.84	3.79	4.74	5.69	6.64	7.58	8.53	9.48	18.97	28.45
94	9.588	.09	.19	.28	.38	.47	.57	.67	.76	.86	.95	1.91	2.87	3.83	4.79	5.75	6.71	7.67	8.62	9.58	19.17	28.76
95	9.690	.09	.19	.29	.38	.48	.58	.67	.77	.87	.96	1.93	2.90	3.87	4.84	5.81	6.78	7.75	8.72	9.69	19.38	29.07
96	9.792	.09	.19	.29	.39	.48	.58	.68	.78	.88	.97	1.95	2.93	3.91	4.89	5.87	6.85	7.83	8.81	9.79	19.58	29.37
97	9.894	.09	.19	.29	.39	.49	.59	.69	.79	.89	.98	1.97	2.96	3.95	4.94	5.93	6.92	7.91	8.90	9.89	19.78	29.68
98	9.996	.09	.19	.29	.39	.49	.59	.69	.79	.89	.99	1.99	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.99	9.99	19.99	29.98
99	10.098	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	2.01	3.02	4.03	5.04	6.05	7.06	8.07	9.08	10.09	20.19	30.29
100	10.200	.10	.20	.30	.40	.51	.61	.71	.81	.91	1.02	2.04	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	20.40	30.60

FORMULAS BASICAS: $(C_t)_{mn} = (T_m + T_n - 100) \times 0.102$ y $(\Delta_t)_{m,n} = (C_t)_{m,n} \times \frac{(L_n - L_m)}{100}$ en m

Diseño: F.K.S.
Prog. y Computo: A.G.

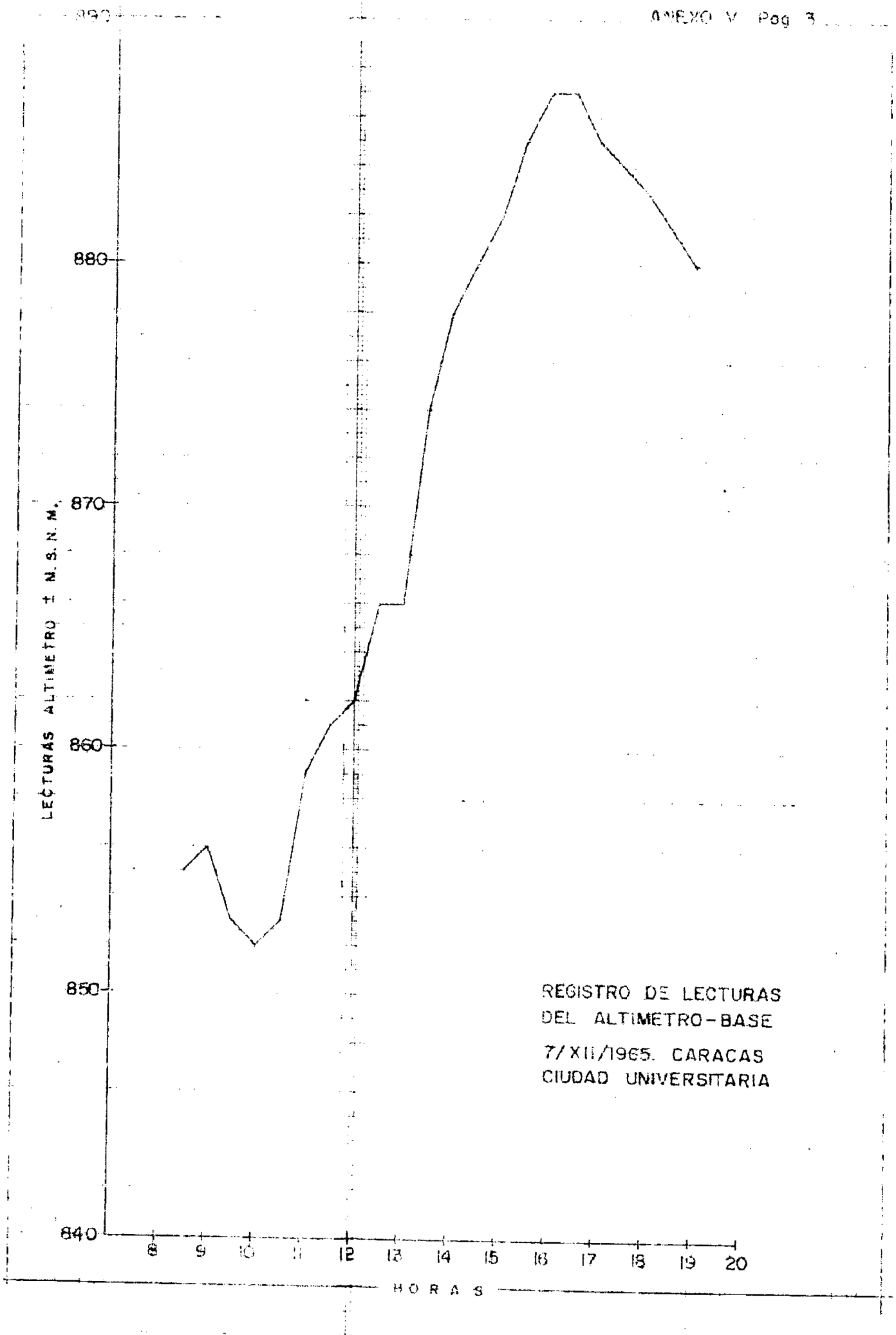
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Facultad de Ingeniería
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

ESTUDIO CLIMATOLOGICO – HIDROLOGICO
DE CARACAS Y SU CUENCA HIDROGRAFICA

DETERMINACION DE ALTITUDES DE LAS ESTACIONES, MEDIANTE ALTIMETROS PAULIN

Nº DE ORD.	SITIO	KILOMETRAJE VEHIC. KM.	HORA	LECTURAS ALTIM. M.S.N.M.	LECTURAS TERM. °F	DIF. ENTRE LECT. ALTIM. M	T T-100 °F	CORREC. POR TEMP. m	CORREC. BAROMETRICA m	ALTITUD CALCULO M.S.N.M.	ALTITUD EXACTA O ADOPTADA M.S.N.M.	OBSERVACIONES
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
△1	B.M U.C.V. Nº 2	420.2	09:15	845	76		51				863.4	ALTIMETRO MOVIL
△2	EST. MARIPOSA INOS	433.0	10:25	965	75	+120	50	+ 6.2	+ 1.6	991.2	991.0	
⊙1	CARR. SN. DIEGO LOS ALTOS	444.6	10:50	1252	75	+287	48	+14.6	- 3.5	1289.3		
△3	PREFECT. SAN DIEGO	449.9	11:15	1283	73	+ 11	51	+ 0.9	- 3.7	1297.5	1298.0	
△4	JEFATURA DE CARRIZAL	456.9	11:50	1246	78	- 17	62	- 0.9	- 1.7	1277.9	1278.0	AZOTEA
⊙1	CARR. SN. DIEGO LOS ALTOS	469.4	12:15	1262	84	+ 16	69	+ 1.0	- 2.3	1292.6		REGRESO
△5	GRANJA MI CASITA	474.5	12:40	1055	95	-207	68	-14.6	- 2.0	1069.0	1069.0	
△1	B.M. U.C.V. Nº 2	498.8	13.40	866	83	-189		-13.1	- 2.5	864.4	863.4	

LECTURAS DE CAMPO	CALCULO	REVISION	HOJA Nº 1
FIRMA A.R. FECHA 7/12/65.	FIRMA F.CH. FECHA 14/12/65.	FIRMA F.K.S. FECHA	DE 2


890
880
870
860
850
840
LECTURAS ALTIMETRO ± N.S.N.M.
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
HORAS
REGISTRO DE LECTURAS
DEL ALTIMETRO-BASE
7/XII/1965. CARACAS
CIUDAD UNIVERSITARIA

ANEXO V

COMPUTO DE LAS ALTITUDES

En el ejemplo real transcrito en este anexo, se parte de B.M.-UCV Nº 2 de cota conocida: 863.4 m.s.n.m., no llevándose más fracción que los decímetros, dado el grado de aproximación del método. En dicho punto se practica la lectura inicial de 845 m. en el altímetro móvil y de 76ºF en el termómetro, a las 9:15 a.m. y se anota en la minuta (anexo V pág. 1). Simultáneamente se estaban practicando lecturas cada media hora, desde las 8:30 a.m., en el altímetro fijo instalado en el Departamento de Meteorología e Hidrología, situado a unos 200 m. de distancia del -UCV Nº 2; y cuyas lecturas se anotaban en la minuta respectiva (anexo V pág. 2). Seguidamente se traslada el altímetro móvil hasta el primer punto a determinar: la estación climatológica del Instituto Nacional de Obras Sanitarias en las inmediaciones del Embalse de La Mariposa. En este punto, situado a unos 13 km. al SSW de la Ciudad Universitaria y marcado en la minuta V-1 con el signo $\triangle 2$, se practica a las 10:25 a.m. la 2a. lectura de 965 m. en el altímetro y de 75ºF en el termómetro, las cuales se anotan en el renglón correspondiente de la minuta respectiva.

Cálculo de la cota del punto $\triangle 2$.

La diferencia de nivel entre UCV-Nº 2 y el punto $\triangle 2$, indicada por el altímetro, sin correcciones, es $L_2 - L_1 = 965 - 845 = 120$ m.

a) Corrección por temperatura.

El valor de Tm + Tn - 100 entre la 1ª y la 2ª lecturas es de: 76 + 75 - 100 = 51, con cuyo valor la fórmula (1) da:

$$C_{1,2} = 51 \times 0.102 = 5.202\%$$

El valor absoluto del incremento por aplicar como corrección por temperatura será:

$$(\triangle_t)_{1,2} = 120 \text{ m} \times 5.202\% = 6.2 \text{ m.}$$

Tanto C como $\triangle_t$ serán positivos en este caso ya que $(T_1 + T_2 - 100)$ y $(L_2 - L_1)$ son positivos.

Utilizando la tabla del Anexo IV se tomaría en el renglón Tm + Tn - 100 = 51, el valor del incremento para 100 m = 5.20 m y para 20 m = 1.02, dando un total de 6.22, si se quieren llevar los centímetros como fracción.

El valor obtenido para la corrección $\triangle_t$ se anota en la columna 9 de la minuta respectiva.

b) Corrección por variación de la presión atmosférica.

A las 9:15, cuando se practicó la 1ª lectura del altímetro móvil, el estacionario marcaba 854.5 m (véanse Anexo V, pág. 2 y 3) y a las 10:15, cuando se realizó la 2ª lectura, marcaba 852.7 m. La variación de presión en dicho intervalo, expresada en la escala del altímetro móvil, fué pues de:

$$-\triangle p_{1,2} = 852.7 - 854.5 = -1.6 \text{ m, o } \triangle p = 1.6$$

El valor de esta corrección se anota en la columna 10.

c) Cota del punto ⊙2.

Tomando en cuenta las correcciones antes calculadas y aplicando la fórmula (4) se tendrá:

$$A_2 = 863.4 + 120.0 + 6.2 + 1.6 = 991.2 \text{ m.s.n.m.}$$

Este valor se anota en la columna 11 del 2º renglón.

Cierres parciales y totales.

Procediendo de modo similar se obtienen sucesivamente las cotas de los puntos ⊙1, △3, △4, ⊙1 (de regreso) y △5 (véase hoja 1 de este anexo).

Se puede apreciar que el punto intermedio ⊙1, tomado en la carretera de San Diego de Los Altos, es un cierre parcial, para el cual las cotas calculadas según las lecturas realizadas a la ida y al regreso indican un error de cierre de:

$$1292.6 - 1289.3 = 3.3 \text{ m.}$$

El cierre total es el realizado en el B.M. básico, punto △1, respecto al cual se tuvo un error total de cierre de: 864.4 - 863.4 = 1.0 m, para un recorrido total de 78.6 Km. efectuado en 4½ horas.

Repartición del error de cierre.

Puede apreciarse que en la columna 12 de la minuta se hace una repartición aritmética del error indicado por los cierres y son las altitudes anotadas en esta columna, las que se adoptan como cotas finales de las estaciones ⊙2, ⊙3, ⊙4, y ⊙5.
