

THE MAZAPIL COPPER COMPANY, LIMITED. --

ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA
" ANTONIO NARRO "

FECHA DE ADQUISICION	07704-5
NUM. DE INVENTARIO	UAAAN
PROCEDENCIA	DONACION
NUM. DE CATALOGACION	7A
PRECIO	590
	H. 69

1947

Ej. 1

SISTEMA DE TRIANGULACION DE LA RE-
GION DE " CATA ARROYO " Y ANEXAS " EN-
EL MUNICIPIO DE CONCEPCION D EL ORO, EST-
DO DE ZACATECAS.

T E S I S :

Que presenta el pasante de Ingeniero Agronomo
Armando de Hoyos Galicia al H. Jurado Calificador.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenvista, Saltillo, Coah.
Janio de 1947.

NOTACION INTERNA



T07704

CID UAAAN

Dedico éste humilde trabajo
con todo cariño a mi Madre...
la Sra. Ma. del Refugio Gali-
cia Vda. de Hoyos.

A mis queridos Maestros con gratitud y respeto

A mis amigos y Compañeros de la Escuela
Superior de Agricultura "Antonio Narro".

En la vida profesional, el agrónomo debe a las condiciones del trabajo en
INDICE

mañana sea de tal en la necesidad de enfrentarse con muy variados proble-
mas. I - Introducción.

II - Trabajos de Campo.

1. Elección de los vértices.

2. Medida de la base.

3. Orientación de la base.

4. Observación de ángulos.

III - Trabajos de Gabinete.

1. Corrección de Cierre de los ángulos de los triángulos
y figuras formadas.

2. Cálculo de los lados de los triángulos.

3. Cálculo de los Azimutes y rumbos de los lados del --
sistema.

4. Cálculo de las coordenadas de los vértices del sistema

permite calcular uno de los lados del sistema valiéndose de varios
triángulos, sirviendo éste para la comprobación de las operaciones anteriores.

Por lo que como es comprensible, es indispensable tener presente en
los cálculos del sistema. Sin embargo, los cálculos de triangulación en
general consisten para el agrónomo en una cuestión de método.

El presente es uno de los varios trabajos que se me han encomendado en los
dos años de mi vida profesional, como la topografía es una materia compren-
dida en el plan de estudio de la Escuela, espero que éste trabajo sea del
agredo del H. Jefe Calificador.

El presente es uno de los varios trabajos que se me han encomendado en los
dos años de mi vida profesional, como la topografía es una materia compren-
dida en el plan de estudio de la Escuela, espero que éste trabajo sea del
agredo del H. Jefe Calificador.

El presente es uno de los varios trabajos que se me han encomendado en los
dos años de mi vida profesional, como la topografía es una materia compren-
dida en el plan de estudio de la Escuela, espero que éste trabajo sea del
agredo del H. Jefe Calificador.

El presente es uno de los varios trabajos que se me han encomendado en los
dos años de mi vida profesional, como la topografía es una materia compren-
dida en el plan de estudio de la Escuela, espero que éste trabajo sea del
agredo del H. Jefe Calificador.

El presente es uno de los varios trabajos que se me han encomendado en los
dos años de mi vida profesional, como la topografía es una materia compren-
dida en el plan de estudio de la Escuela, espero que éste trabajo sea del
agredo del H. Jefe Calificador.

I -- INTRODUCCION.

En la vida profesional, el agrónomo debido a las condiciones del medio en nuestro País se vé en la necesidad de enfrentarse con muy variadas actividades. Una de las más comunes es la Topografía en sus diversas aplicaciones, ésa es la razón por la que presento éste humilde trabajo relacionado con ella, en su parte relativa a TRIANGULACION.

El objeto de las operaciones que comprenden un sistema de triangulación es esencialmente la formación de una especie de esqueleto ó armazón indeformable y con errores de infima importancia que sirva de base para apoyar ó ligar a sus vértices las líneas que forman un perímetro cualquiera. En el caso especial de éste trabajo el objeto buscado éra el de fijar en la región de la mina de "Cata Arroyo y Anexas" vértices fijos y perfectamente definidos para ligar a ellos las mojeneras de los fundos mineros de ésta misma región propiedad de la Compañía Minera The Magapil Copper Company, Limited. Para conseguir éste objeto se empleó un sistema de triangulación de los llamados "Red Trigonometric". Las ventajas de éste sistema es que permite calcular cada uno de los lados del sistema valiéndose de varios triángulos, sirviendo ésto para la comprobación de las operaciones ejecutadas lo que como se comprenderá es indispensable para tener seguridad en los resultados del trabajo. Sin embargo, los sistemas de triangulación en general desempeñan papel de suma importancia como auxiliares en el levantamiento de perímetros en regiones escabrosas, donde se hace difícil llevar a cabo el levantamiento de un perímetro por otro medio, y que son tan comunes en nuestro País.

Las ventajas de los sistemas de triangulación es que sus vértices se localizan con un mínimo de error y por lo tanto se pueden considerar como fijos exactamente. Por lo tanto los polígonos apoyados a los mismos vértices no se deforman al corregirse y los errores encontrados en los mismos polígonos no se propagan por quedar localizados únicamente, entre los vértices

a los que están apoyados.

Por lo anterior se comprenderá que al ejecutar un trabajo de tal naturaleza y alcanzar un mínimo de error, las operaciones en el campo y gabinete serán con suma cuidado.

El orden seguido en las operaciones es el siguiente:

Operaciones de Campo.

1. Elección de los vértices de la triangulación.
2. Medida de la base.
3. Orientación de la base ó en la de del sistema.
4. Observación de ángulos.

Trabajos de Gabinete.

1. Corrección de cierre y compensación de los ángulos de los triángulos ó figuras geométricas formadas.
2. Cálculo de los lados de los triángulos.
3. Cálculo de azimutes y rumbos.
4. Cálculo de coordenadas de los vértices del sistema.

Trabajos de Campo.

1. Elección de los vértices de la triangulación.

Ante todo se buscó un lugar apropiado para medir la base, un terreno más ó menos plano y que estuviera colocado de tal manera de poder ligar a sus extremos algunos vértices del sistema. Después del reconocimiento preliminar se eligió para medir la base el patio de la Mina de "Cata Arroyo" situado como a 1 kilómetro al S W de Concepción del Oro, Zaca., dicho lugar tiene una latitud Norte de $24^{\circ} 43' 32''$, y una longitud al W de Greenwich de $101^{\circ} 45' 08''$. El resto de los vértices se localizaron de tal manera que abarcasen casi la totalidad del terreno en que están colocados los fundos de la Compañía con el fin de que éstos quedaran lo más cerca posible de las esquinas de dichos fundos además que estuvieran colocados unos res-

pecto a los otros que al ligarse formasen triángulos que se aproximasen a la forma equilátera es decir que no quedasen ángulos ni muy agudos ni muy obtusos además que se pudieran ver de cada uno de ellos cuando menos dos más es decir que estuviesen situados de tal manera que se pudiesen visar unos a otros. Estos vértices una vez fijados se construyeron de concreto y en una forma triangular.

2. La medida de la base se repitió cuatro veces, la medida se hizo con cinta de acero de 100 metros y se improvisó un dinamómetro con el fin de hacer las medidas a una tensión de 20 libras aproximadamente. Se dividió la base en dos tramos más ó menos iguales. Los extremos de la misma se localizan en la misma forma que el resto de los vértices de la triangulación es decir con mojeneras triangulares. Se sacó el desnivel entre los extremos de los puntos medidos en la base calculándose la inclinación con la distancia medida directamente con la cinta y el desnivel obtenido en cada medida en la forma detallada más adelante. Esta inclinación se calculó con el fin de tener la distancia horizontal correcta. Para obtener mayor exactitud en la medida de la base se corrigió ésta además por concepto de temperatura.

3. La orientación de la base se hizo por el Método "Alturas Zenitales del Sol" recomendado por el Anuario del Observatorio Astronómico de Tacubaya con observaciones del sol en posición directa o inversa con un aparato "Gadley".

4. La observación de los ángulos se hizo en cada vértice de los escogidos, haciendo varias observaciones y tomando el promedio para aproximar hasta segundos. Además se observaron los ángulos separadamente con el fin de no acumular los errores, se tuvo la precaución de hacer éstas observaciones a temprana hora.

Operaciones de Gabinete.

1. Corrección de los ángulos de los triángulos y compensación de las figuras formadas.

La primera corrección se hizo en los ángulos leídos en cada vértice, dicha corrección consistió en ajustar éstos ángulos a 360° . Se formaron dos cuadriláteros y tres polígonos con un vértice del sistema, en el centro y se corrigieron sus ángulos por las condiciones de lado y de ángulo, acompañando croquis que explican mejor la posición de las figuras ya citadas así como los ángulos que las componen y vértices.

2. Cálculo de los lados de los triángulos.

Se usó para el cálculo de los lados de los triángulos la Ley de los Senos a partir del triángulo número uno, en que se conoce uno de sus lados "la base medida" y se siguió calculando los lados de los demás triángulos a la derecha encadenándose éstos de tal manera de poder checar la longitud de la base. Se hizo doble cheque de la medida de la base comparando la longitud de la base calculada con la longitud obtenida directamente con la cinta se encontró correcta. Además como se verá más adelante en la resolución de los triángulos se utiliza un factor constante X que es igual al lado conocido del triángulo dividido entre el seno del ángulo opuesto al mismo lado, facilitándose mucho el cálculo ya que cada lado del triángulo es igual al factor X multiplicado por el seno del ángulo opuesto. Llamando "a" al lado conocido tenemos factor $X = \frac{a}{\text{Sen. Ang. Opuesto}}$

Cada uno de los lados del triángulo serán igual a:

lado a Factor X por sen. ángulo opuesto "a"

lado b Factor X por sen. ángulo opuesto al lado b

lado c Factor X por sen. ángulo opuesto al lado c

4. Cálculo coordenadas de los vértices. Se siguió el mismo procedimiento que se usó para calcular un polígono cualquiera puesto que se conocen las estaciones, sus distancias y los rumbos astronómicos.

Al final se adjunta una copia del cálculo de las coordenadas de los vértices de la triangulación en el que se podrá observar que el error en proyecciones es mínimo, lo que demuestra la exactitud alcanzada en las operaciones anteriores. Con los vértices del sistema se formaron polígonos y cuadriláteros para efectuar la corrección ó compensación de los ángulos. La formación de cuadriláteros se hizo para la mejor compensación de los ángulos ya que los cuadriláteros requieren mayores condiciones para estar correcto y por lo tanto dando ^{/un} margen de seguridad en el trabajo mucho mayor.

Para la ejecución del trabajo se consultaron las obras de topografía del Ing. Alejandro Brambila y del Ing. Toscano, que hablan de las distintas clases de triangulación, de los cuidados que hay que tener en la ejecución de éstos trabajos así como el orden a seguir en las distintas operaciones que comprenden, tanto de campo como de Gabinete. Llegado a la conclusión de que para los trabajos comunes de éste orden los métodos del Ing. Brambila son lo suficientemente prácticos y adecuados a nuestro medio a continuación muestro la serie de operaciones ejecutadas con toda amplitud.

Vértice No. 1. Centro de la Mojana No. 11 del fundo "El Valle".

Vértice No. 10. Centro de la Mojana No. 10 del fundo "El Valle".

Vértice No. 11. Centro de la Mojana No. 11 del fundo "El Valle".

PRIMERA PARTE.

Operaciones de Campo. --

1. Elección de los vértices

Como ya indiqué la elección se hizo buscando la simetría de los mismos, además que estuviesen distribuidos en la región que ocupan los fundos mineros de la Compañía, se buscaron los lugares más elevados de la región de tal manera que se pudiesen dirigir visuales entre unos y otros, finalmente éstos vértices quedaron localizados como sigue:

Vértices núm. 1 y 2. Se localizan en el patio de la mina de "Cata Arroyo" y son los extremos de la base del sistema de tirangulación.

Vértice núm. 3. En un cerro llamado "Cerro Colorado" al Norte del patio de la mina de "Cata Arroyo" como a 400 mts. del vértice núm. 1.

Vértice Núm. 4. Como a 10 mts. al Sur del tiro de la Mina del "Cármén".

Vértice Núm. 5. En un cerro que da vista al Patio de "Cata Arroyo" como a 500 mts. al SW.

Vértice núm. 6. Sobre el Tiro de la Mina "Esperanza".

Vértice Núm. 7. En el picacho del Cerro de "La Abra".

Vértice Núm. 8. Sobre el tiro de la mina "Noche Buena".

Vértice Núm. 9. Ceros de la Mojonera No. 11 del fundo minero "Anita".

Vértice Núm. 10. Como a 100 mts. al W de la Mojonera No. 16 del fundo Minero "Anita".

TESIS PROFESIONAL.

OPERACIONES DE CAMPO.

20 MEDIDA DE LA BASE.

Para la medida de la Base se usó una cinta de Acero Marco Lufkin n.º 123 V 100 Mts. de Longitud. Esta cinta tiene esa longitud al medir las distancias a 70° F con tensión de 20 libras. Su coeficiente de expansión es de 0.000007 por grado F.

Los extremos de la Base se localizan en el patio de la Mina "Cata Arroyo" y son dos mojoneras de concreto con dos tabos empotrados en el centro.

Al momento de iniciar la medida de la base la temperatura media registrada fue de 48° F la tensión igual a 20 lbs. La base se dividió en dos partes aproximadamente iguales. El extremo Sur de la base lo llamé "a" a la estaca del centro "b" y a la del extremo Norte "c".

Como resultado de la medida de "a" hacia "b" se obtuvo una distancia igual a 66.510 Mts. la diferencia de elevación entre estos dos puntos resultó igual a 40 cms. La distancia "a-b" corregida por esta inclinación se calculó de la siguiente manera: llamando "A" al ángulo de inclinación tendremos:

$$\text{Sen } A = \frac{.40}{66.51} \text{ de donde } \text{Log Sen } A = \text{Log. de } .40 - \text{Log. } 66.51$$

$$\text{Log Sen } A = 9.602060 - 10$$

$$\underline{1.922867}$$

$$7.779173$$

$$A = 0^{\circ} 20' 41''$$

$$\text{La distancia } a-b = 66.510 \times \text{Cos de } A$$

$$\text{Log Cos } A = 1.999992$$

$$\text{Log } 66.51 = 1.822867$$

$$\text{Log } a-b = 1.822879$$

$$a-b = 66.5089 \text{ mts.}$$

Medida de b hacia c : Resultado obtenido con la cinta 66.590 mts.

Diferencia de elevación resultante 0.37 metros.

$$A = \text{Angulo de inclinación} \quad \text{Sen } A = \frac{0.37}{66.590} \quad \text{Log. Sen } A = \text{Log } 0.37 - \text{Log } 66.590$$

$$\text{Log Sen } A = 7.742849 \quad \text{de donde } A = 0^\circ 19' 01''$$

$$b-c = 66.590 \text{ Cos } A$$

$$\text{Log. cos } A = 1.999993$$

$$\text{Log } 66.590 = 1.823402$$

$$\text{Log } b-c = 1.823402$$

De donde b-c es igual a 66.589 metros

El error debido a "Catenaria" en las dos medidas es igual a 0.077 metros positivo.

La suma de las dos medidas nos dan como resultado la longitud de la base no corregida por temperatura y ésta longitud es igual a:

$$66.509 + 66.589 + 0.077 = 133.175 \text{ metros.}$$

Corrección de las medidas hechas con la cinta por temperatura.

El coeficiente de expansión por 1° F igual a 0.000007 arriba de 70° F. Temperatura a tiempo de medir 48° por lo tanto la contracción de la cinta es igual a:

$$\frac{100 \text{ mts.}}{1 + 0.000007 \times 22} = \frac{100}{1.000154} = 99.9846$$

Es decir en lugar de 100 mts. la longitud de la cinta a 48° F será igual a 99.9846 mts. por lo tanto la medida correcta será igual a $133.175 \times .999846 = 133.1545$ mts resultado de la primera medida de la base.

Segunda medida :

Temperatura a la hora de la medida 54.5° F tensión 20 lbs.

Resultado de la medida hecha de a hacia b 66.500 mts.

Diferencia de elevación 40 centímetros ángulo de inclinación A.

$$\text{Sen } A = \frac{.40}{66.500} \quad \text{Log Sen } A = \text{Log } .40 - \text{Log } 66.50 \quad \text{de donde log Sen } A = 7.779173$$

$$\text{Angulo } A \text{ igual } 0^\circ 20' 41''$$

$$a-b = 66.500 \times \text{Cos } A$$

$$\text{Log de } 66.500 = 1.822822$$

$$\text{Log cos } A = 1.999992$$

$$\text{Log } a-b = 1.822814$$

$$a-b = 66.4989 \text{ mts}$$

Medida de b hacia c Resultado obtenido con la cinta 66.600 dif. de elevación

$$37 \text{ cms.} \quad \text{Sen } A = \frac{.37}{66.600} \quad \text{Log Sen } A = \text{Log } 0.37 - \text{Log } 66.600$$

de donde Log Sen A = 7.744704 por lo tanto A = 0° 19' 06"

$$b-c = 66.600 \text{ Cos } A \quad \begin{array}{l} \text{Log } 66.600 = 1.823474 \\ \text{Log Cos } A = \underline{9.999993} \\ \text{Log } b-c = 1.823467 \end{array}$$

$$b-c = 66.5989 \text{ Mts.}$$

Error de catenaria para agregar en las dos medidas 0.069 mts.

Longitud de la base no corregida por temperatura igual a :

$$66.5989 + 66.4989 \pm 0.069 \text{ igual } 133.1668 \text{ corrección por temperatura}$$

$$\text{igual a: Temperatura a la hora de la medida } 54.5^\circ \text{ F}$$

$$\text{Contracción de la cinta } 0.000007 \times 15.5 \times 100 \text{ igual a } 0.01085$$

$$\text{Longitud de la cinta a } 54.5^\circ \text{ F } 100 \text{ mts. } - 0.01085 = 99.9892 \text{ Mts.}$$

$$\text{Longitud de la base corregida a } 0.999892 \times 133.1668 = 133.1524 \text{ resultado de la } \underline{\text{segunda medida de la base.}}$$

Tercera medida:

$$\text{Temperatura a la hora de la medida } 69^\circ \text{ F tensión } 20 \text{ lbs.}$$

$$\text{Resultado de la medida con la cinta de a hacia b } 66.500 \text{ mts. Dif. Elev. } .40 \text{ cmst.}$$

$$\text{Sen } A = \frac{.40}{66.500} \quad \text{Sen } A = \text{Log. } .40 - \text{Log } 66.500$$

$$\text{Log Sen } A = 7.779173 \quad A = 0^\circ 20' 41''$$

$$a-b = 66.500 \text{ Cos } A \quad \begin{array}{l} \text{Log } 66.500 = 1.822822 \\ \text{Log Cos } A = \underline{9.999992} \\ \text{Log } a-b = 1.822814 \end{array}$$

$$a-b = 66.4989 \text{ Mts.}$$

$$\text{Medida de b hacia c Resultado obtenido con la cinta } 66.600 \text{ mts. dif. elev. } 0.36 \text{ cms.}$$

$$\text{Sen } A = \frac{0.36}{66.600} \quad \begin{array}{l} \text{Log Sen } A = \text{Log } .36 - \text{Log } 66.600 \text{ mts.} \\ \text{Log Sen } A = 7.732829 \\ A = 0^\circ 18' 35'' \end{array}$$

$$b-c = 66.600 \text{ Cos } 0^\circ 18' 35'' \quad \begin{array}{l} \text{Log } 66.600 = 1.823474 \\ \text{Log Cos } A = \underline{9.999993} \\ \text{Log } b-c = 1.823467 \end{array}$$

$$b-c \text{ igual } 66.5987 \text{ mts.}$$

El error de catenaria en las dos medidas es igual a 0.0584 mts. La longitud total de la base no corregida por temperatura será igual a:

$$66.4989 + 66.5990 + 0.0584 = 133.1563$$

Corrección por temperatura

Temperatura a la hora de la medida 68° F

Contracción de la cinta igual a $0.000007 \times 2 \times 100 = 0.0014$ mts.

Longitud de la cinta correcta igual a 100.00 mts. - 0.0014 = 99.9986 mts.

Longitud de la base correcta 0.999986×133.1563 igual a 133.1544 mts.

Resultado final de la tercera medida de la base

Cuarta medida:

Temperatura a la hora de la medida 59° F tensión 20 lbs.

Resultado obtenido con la cinta de a hacia b 66.600 mts. dif. elev. 40 cms.

$$\text{Sen } A = \frac{40}{66.600} \quad \text{Log Sen } A = \text{Log } .40 - \text{Log } 66.600$$

$$\text{Log Sen } A = 7.778586$$

$$\text{Angulo } A = 0^\circ 20' 39''$$

$$a-b = \text{Cos } A \times 66.600 \quad \text{Log } 66.600 = 1.823474$$

$$\text{Log Cos } A = 9.999922$$

$$\text{Log } a-b = 1.823466$$

$$a-b \text{ igual a } 66.5987 \text{ mts.}$$

Medida de b hacia c resultado obtenido con la cinta 66.600 dif. elev. 36 mts.

$$\text{Sen } A = \frac{36}{66.600} \quad \text{Log Sen } A = \text{Log } .36 - \text{Log } 66.600$$

$$\text{Log Sen } A = 7.733481$$

$$\text{Angulo } A = 0^\circ 18' 37''$$

$$b-c \text{ igual a } 66.500 \text{ Cos } A \quad \text{Log } 66.500 = 1.822922$$

$$\text{Log Cos } A = 9.999924$$

$$\text{Log } b-c = 1.822816$$

$$b-c \text{ igual a } 66.4991 \text{ mts.}$$

Error de catenaria 0.0653 mts.

Longitud total de la base no corregida por temperatura igual a:

$$66.5987 + 66.4991 + 0.0653 = 133.1631 \text{ mts.}$$

Corrección por temperatura.

Temperatura de la cinta 59° F

Contracción de la cinta igual a $0.000007 \times 11 \times 100 = 0.0077$

Longitud correcta de la cinta a 59° F 100 mts. - 0.0077 = 99.9923 por lo tanto

la longitud de la base será igual a $0.999923 \times 133.1631 = 133.1528$ mts.

Resultado de la cuarta medida de la base

Resumiendo, los resultados obtenidos en las distintas medidas hechas a la base son los siguientes:

Primera medida 133.1543 mts.
 Segunda medida 133.1524 "
 Tercera Medida 133.1544 "
 Cuarta medida 133.1528 "

Longitud promedio de la base del sistema de triangulación es igual a 133.153 mts

OPERACIONES DE CAMPO

Tercera operación. Orientación de la base.

La orientación de la base se hizo empleando el método "Distancias Zenitales del Sol" Método recomendado por el Anuario del Observatorio Astronómico de Tacabaya y me dió como resultado el siguiente:

Azimuth de la Línea a-b $59^{\circ} 39' 56''$

Rumbo de la línea Norte $59^{\circ} 39' 56''$ al Oriente

OPERACIONES DE CAMPO

Cuarta operación. Observación de ángulos

La observación de los ángulos se hizo en cada una de las 10 estaciones ó vértices del sistema de triangulación y los resultados obtenidos son producto de tres series de observaciones en cada vértice con el fin de aproximar la medida de los ángulos a segundos.

Ángulos medidos en el vértice núm. 5.

Vértices	Ángulos		Ajuste de Ángulos a 360°
3-5-4	$13^{\circ} 14' 22''$	(1) "	$13^{\circ} 14' 22''$
4-5-6	$87^{\circ} 12' 23''$	(2) " 1"	$87^{\circ} 12' 22''$
6-5-7	$40^{\circ} 19' 18''$	(3) " 1"	$40^{\circ} 19' 17''$
7-5-9	$15^{\circ} 24' 57''$	(4) " 1"	$15^{\circ} 24' 56''$
9-5-8	$41^{\circ} 10' 55''$	(5) " 1"	$41^{\circ} 10' 54''$
8-5-12	$105^{\circ} 58' 08''$	(6) " 1"	$105^{\circ} 58' 07''$
2-5-1	$29^{\circ} 32' 56''$	(7) " 1"	$29^{\circ} 32' 55''$
1-5-3	$27^{\circ} 07' 08''$	(8) " 1"	$27^{\circ} 07' 07''$
	<u>$360^{\circ} 00' 07''$</u>		<u>$360^{\circ} 00' 00''$</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 1

Vértice	Ángulos		Ajuste de Ángulos a 360°
2-1-3	150° 12' 08"	a	150° 12' 08"
3-1-4	83° 58' 22"	b	83° 58' 22"
4-1-5	49° 57' 52"	c	49° 57' 52"
5-1-2	75° 51' 38"	d	75° 51' 38"
	<u>360° 00' 00"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 2

1-2-5	74° 35' 19"	a' + 2"	74° 35' 21"
5-2-6	39° 06' 15"	b' + 2"	39° 06' 17"
6-2-3	224° 20' 56"	c' + 2"	224° 20' 58"
2-3-1	21° 57' 22"	d' + 2"	21° 57' 24"
	<u>359° 59' 52"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 3

1-3-2	7° 50' 04"	A - 1"	7° 50' 03"
2-3-6	304° 02' 41"	B - 1"	304° 02' 40"
6-3-4	22° 22' 56"	C - 1"	22° 22' 55"
4-3-5	6° 47' 30"	D - 0"	6° 47' 30"
5-3-1	18° 56' 53"	E - 1"	18° 56' 52"
	<u>360° 00' 04"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 4

1-4-3	70° 17' 04"	I	70° 17' 04"
3-4-6	136° 28' 41"	II	136° 28' 41"
6-4-5	63° 33' 15"	III	63° 33' 15"
5-4-1	89° 41' 00"	IV	89° 41' 00"
	<u>360° 00' 00"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 9

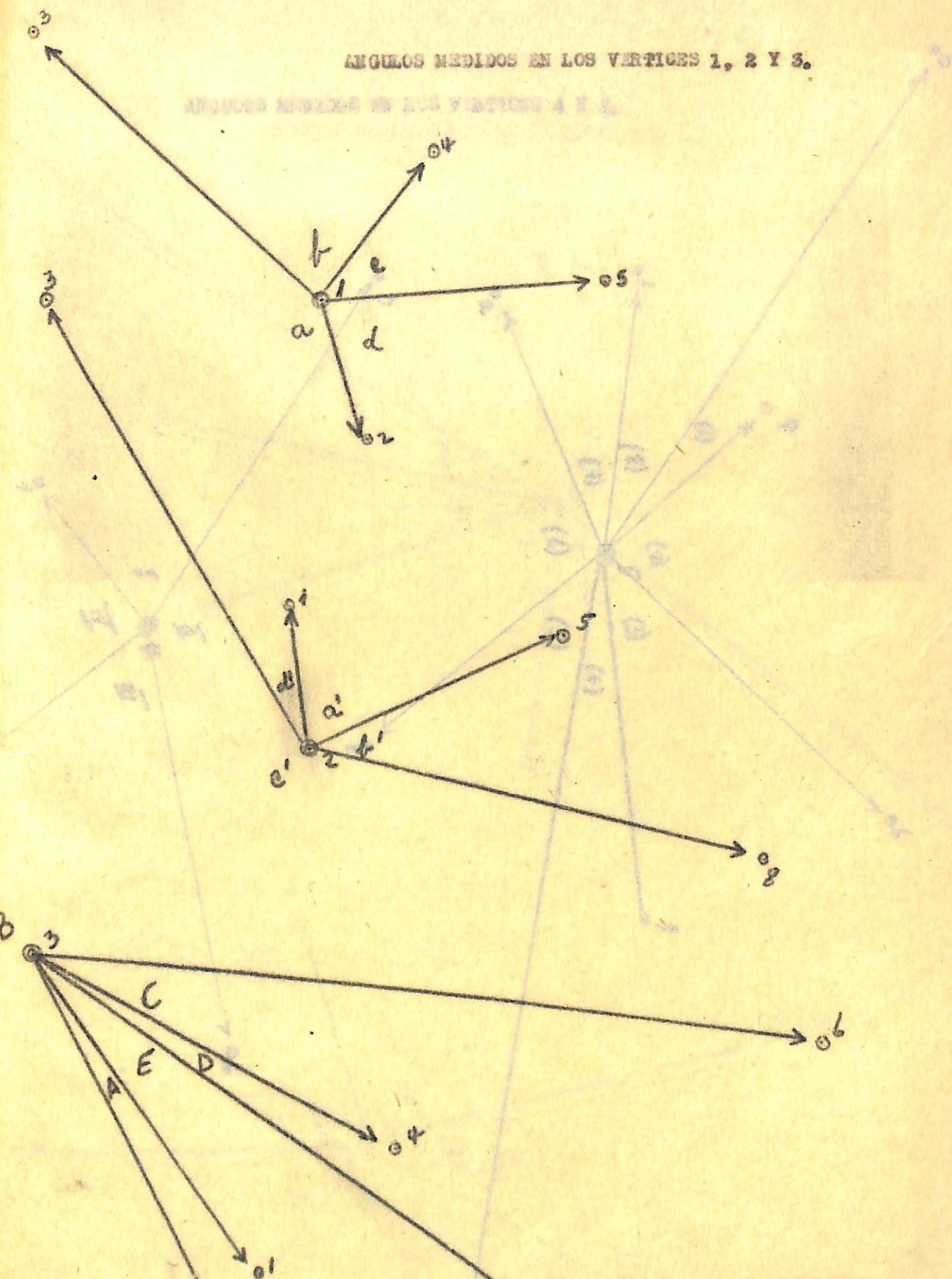
7-9-10	66° 54' 45"	a + 2"	66° 54' 47"
10-9-8	261° 02' 52"	+ 2"	261° 02' 54"
8-9-5	19° 31' 37"	+ 2"	19° 31' 39"
5-9-7	12° 30' 39"	+ 2"	12° 30' 41"
	<u>359° 59' 52"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice núm. 10

7-10-6	30° 16' 18"	x - 1"	30° 16' 17"
6-10-9	260° 29' 34"	y - 1"	260° 29' 32"
9-10-7	69° 14' 11"	z - 1"	69° 14' 10"
	<u>360° 00' 03"</u>		<u>360° 00' 00"</u>

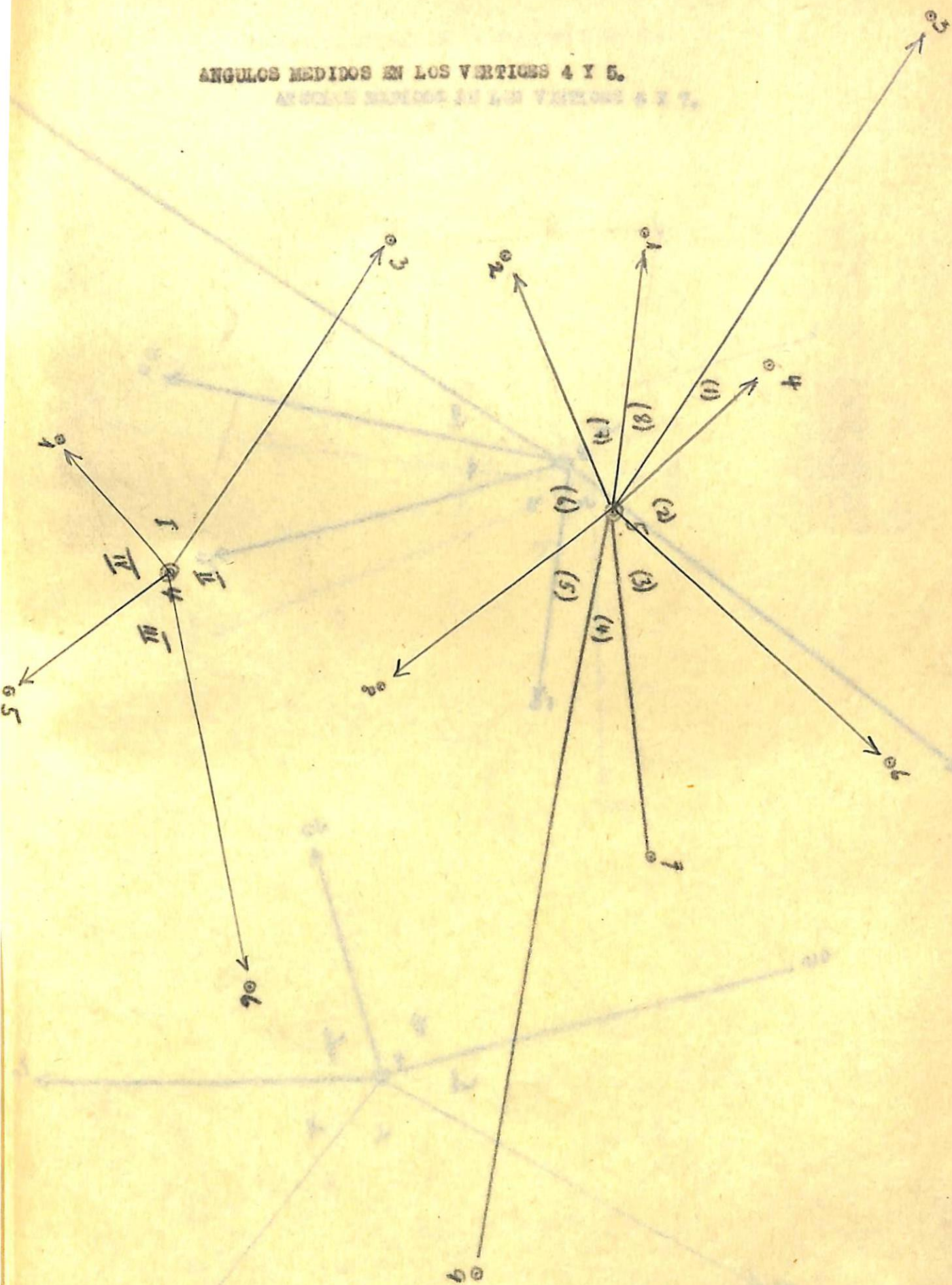
ANGULOS MEDIDOS EN LOS VERTICES 1, 2 Y 3.

ANGULOS MEDIDOS EN LOS VERTICES 4 Y 5.

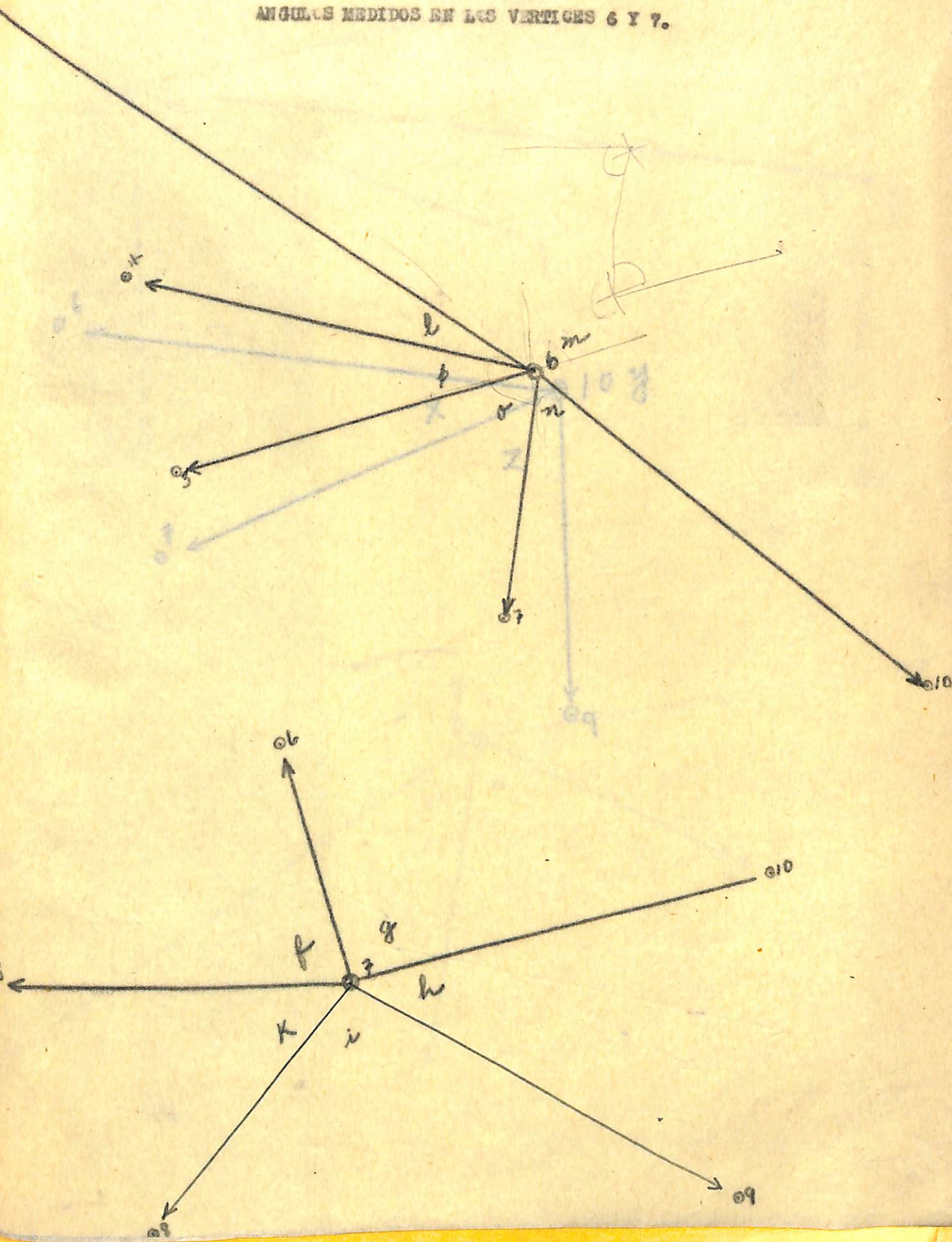


ANGULOS MEDIDOS EN LOS VERTICES 4 Y 5.

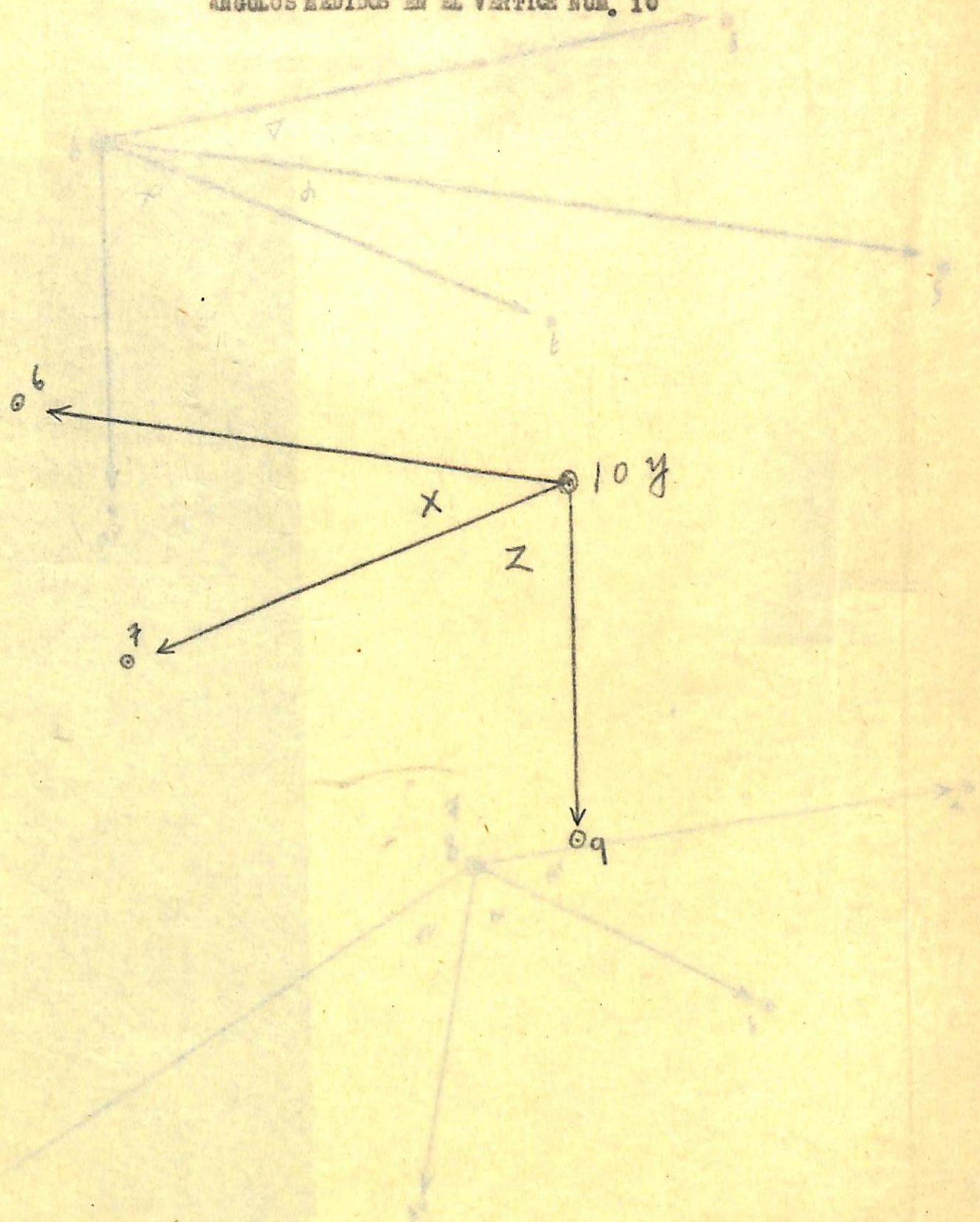
ANGULOS MEDIDOS EN LOS VERTICES 4 Y 5.



ANGULOS MEDIDOS EN LOS VERTICES 6 Y 7.

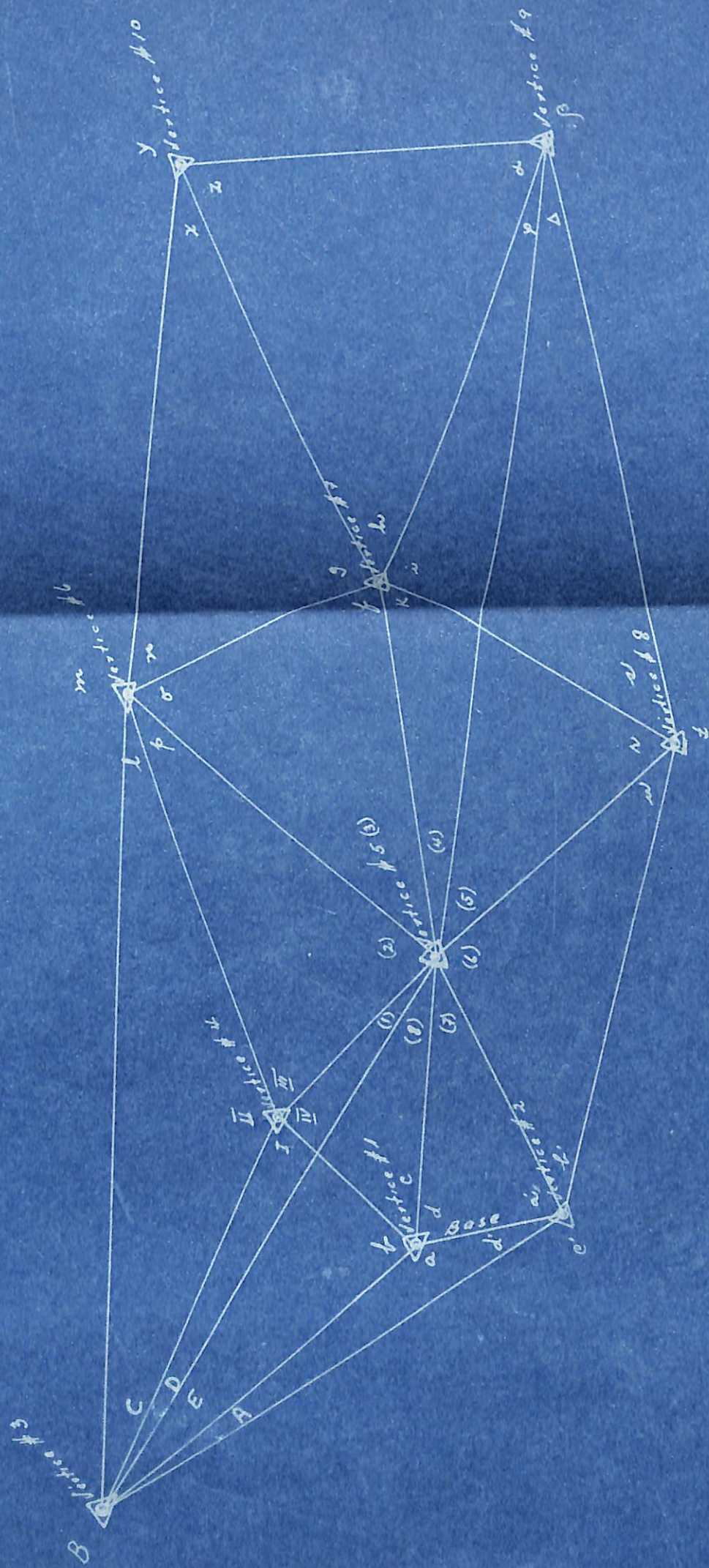


ANGULOS MEDIDOS EN EL VERTICE NUM. 10



Croquis de la Triangulación del Area de Cata Arroyo y Anexas
 Mostrando los vértices del Sistema y los Angu-
 los medidos en los Mismos Vértices.

C. del Oro Zacatecas.



Ángulos medidos en el vértice n.º 7

Vértice	Ángulos	Ajuste de Ángulos a 360°
5-7-6	73° 35' 22" f - 2"	73° 35' 20"
6-7-10	90° 29' 45" g - 2"	90° 29' 43"
10-7-9	43° 50' 48" h - 0"	43° 50' 48"
9-7-8	100° 14' 50" i - 2"	100° 14' 48"
8-7-5	51° 49' 23" k - 2"	51° 49' 21"
	<u>360° 00' 08"</u>	<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice n.º 6

4-6-3	21° 08' 24" l -	21° 08' 25"
3-6-10	184° 17' 31" m + 1"	184° 17' 32"
10-6-7	59° 13' 57" n	59° 13' 57"
7-6-5	66° 05' 18" o + 1"	66° 05' 19"
5-6-4	29° 14' 47" p	29° 14' 47"
	<u>359° 59' 59"</u>	<u>360° 00' 00"</u>

Ángulos medidos en el vértice n.º 8

5-8-7	71° 35' 16" r + 1"	71° 35' 17"
7-8-9	47° 42' 36" s	47° 42' 36"
9-8-2	205° 45' 56" t + 1"	205° 45' 57"
2-8-5	34° 56' 10" u	34° 56' 10"
	<u>359° 59' 59"</u>	<u>360° 00' 00"</u>

Adjunto con los resultados obtenidos en cada estación un croquis en el que se muestra la posición aproximada de cada uno de los vértices así como el nombre con que llamo a cada ángulo.

TRABAJO GABINETE.

Corrección de cierre de los triángulos y figuras formadas y compensación de las mismas primer cuadrilátero formado:

Compuesto de los siguientes vértices 1-3-4-5

Ángulos: c, (8), (1), IV, I, D, E, b.

Condición de ángulos compensación. Primera condición ángulos E + b IV + (1) y

ángulos c + 8 D + I.

Ángulos	Valores ajustados en vértice respectivo	Ajustados a 360°
c	49° 57' 52"	49° 58' 51"
(8)	27° 07' 07"	27° 07' 06"
(1)	13° 14' 22"	13° 14' 21"
IV	89° 41' 00"	89° 40' 58"
I	70° 17' 04"	70° 17' 03"
D	6° 47' 30"	6° 47' 29"
E	18° 56' 52"	18° 56' 51"
b	83° 59' 22"	83° 59' 21"
	<u>360° 00' 09"</u>	<u>360° 00' 00"</u>

$$\begin{array}{r} c = 18^{\circ} 56' 51'' \\ b = 83^{\circ} 58' 21'' \\ \hline 102^{\circ} 55' 12'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} IV = 89^{\circ} 40' 58'' \\ (1) = 13^{\circ} 14' 21'' \\ \hline 102^{\circ} 55' 19'' \end{array} \quad 1$$

Como se vé la diferencia entre ambas igualdades es igual a 7".

$$\begin{array}{r} c = 49^{\circ} 57' 51'' \\ (8) = 27^{\circ} 07' 06'' \\ \hline 77^{\circ} 04' 57'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} D = 6^{\circ} 47' 29'' \\ I = 76^{\circ} 17' 03'' \\ \hline 77^{\circ} 04' 32'' \end{array} \quad 2$$

La diferencia entre estas igualdades son 25".

Compensando la igualdad 1 nos quedará

$$\begin{array}{l} c = 18^{\circ} 56' 51'' + 2'' \\ b = 83^{\circ} 58' 21'' + 1'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} IV = 89^{\circ} 40' 58'' + 2'' \\ (1) = 13^{\circ} 14' 21'' + 2'' \end{array}$$

De donde resulta que la igualdad queda :

$$\begin{array}{r} c = 18^{\circ} 56' 53'' \\ b = 83^{\circ} 58' 22'' \\ \hline 102^{\circ} 55' 15'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} IV = 89^{\circ} 40' 56'' \\ (1) = 13^{\circ} 14' 19'' \\ \hline 102^{\circ} 55' 15'' \end{array}$$

con lo que queda compensada la igualdad 1.

Compensación igualdad 2.

$$\begin{array}{l} c = 49^{\circ} 57' 51'' + 6'' \\ (8) = 27^{\circ} 07' 06'' + 5'' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} D = 6^{\circ} 47' 29'' + 6'' \\ I = 76^{\circ} 17' 03'' + 7'' \end{array}$$

Compensada ésta queda:

$$\begin{array}{r} c = 49^{\circ} 57' 45'' \\ (8) = 27^{\circ} 07' 00'' \\ \hline 77^{\circ} 04' 45'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} D = 6^{\circ} 47' 35'' \\ I = 76^{\circ} 17' 10'' \\ \hline 77^{\circ} 04' 45'' \end{array}$$

Con ésto queda satisfecha la primera y segunda condición de ángulo del cuadrilátero.

3a. Condición de ángulo.

La suma de los ángulos internos del cuadrilátero sumarán 360° ó sea los ángulos

$$c + (8) + (1) + IV + I + D + E + b = 360^{\circ} 00' 00''$$

$$\begin{array}{r} c \quad 49^{\circ} 57' 45'' \\ (8) \quad 27^{\circ} 07' 00'' \\ (1) \quad 13^{\circ} 14' 19'' \\ IV \quad 89^{\circ} 40' 56'' \\ I \quad 76^{\circ} 17' 10'' \\ D \quad 6^{\circ} 47' 35'' \\ E \quad 18^{\circ} 56' 53'' \\ b \quad 83^{\circ} 58' 22'' \\ \hline 360^{\circ} 00' 00'' \end{array}$$

Como se vé el valor de los ángulos internos del cuadrilátero suman 360° quedando por lo tanto satisfecha la tercera condición de ángulo.

Compensación de los ángulos del Cuadrilátero por la ecuación de lado.

Para la corrección de los ángulos internos del cuadrilátero por éste concepto se toman los ángulos internos alternadamente se encuentran los logaritmos Senos de ellos así como si diferencia por segundo, y el valor angular por repartir entre cada uno de ellos se calcula por la siguiente fórmula.

$$x \text{ valor angular} = \frac{\text{Suma Log. los.} - \text{Suma Log. 2os. ángulos}}{\text{Suma dif. los.} + \text{Suma Dif. 2os. ángulos}}$$

Primeros ángulos	Log. Sen.	Dif. por 1"
c	9.884014	1.8
(1)	9.359849	9.0
I	9.973769	0.8
E	9.511497	6.2
Suma de Log.	38.729129	17.8 Suma diferencias.

Ángulos alternos a los anteriores.

Segundos ángulos	Log. Sen.	Dif. por 1"
(8)	9.658778	4.1
IV	9.999993	0.0
D	9.072924	17.7
b	9.997592	0.2
Suma de log.	38.729287	22.0 Suma diferencias.

Por lo tanto teniendo éstos datos el valor de X será igual a:

$$\frac{38.729287 - 38.729129}{22 + 17.8} = \frac{0.000158}{39.8} = 4''$$

Como el miembro de los primeros ángulos es mayor que el de los segundos a cada uno de los primeros corresponde $-4''$ y a cada miembro de los segundos corresponde $+4''$ y quedará:

los.	(8) = $27^{\circ} 06' 56''$	c = $49^{\circ} 57' 49''$
	IV = $89^{\circ} 40' 52''$	(1) = $13^{\circ} 14' 23''$
	D = $6^{\circ} 47' 31''$	I = $70^{\circ} 17' 14''$
	b = $83^{\circ} 58' 18''$	E = $18^{\circ} 56' 57''$

Sumando los ángulos internos del cuadrilátero con su ajuste final tendremos:

c	$49^{\circ} 57' 49''$
(8)	$27^{\circ} 06' 56''$
(1)	$13^{\circ} 14' 23''$
IV	$89^{\circ} 40' 52''$
I	$70^{\circ} 17' 14''$
D	$6^{\circ} 47' 31''$
E	$18^{\circ} 56' 57''$
b	$83^{\circ} 58' 18''$
	<u>$360^{\circ} 00' 00''$</u>

Con éste ajuste los ángulos internos del cuadrilátero anterior han quedado con sus

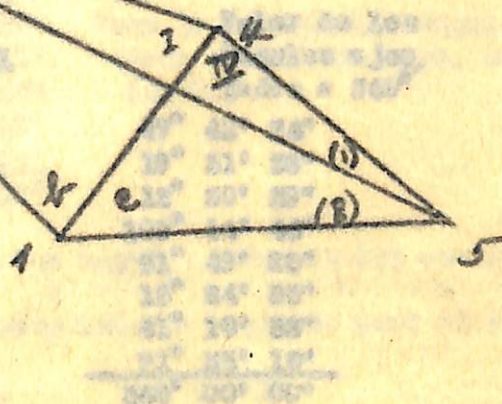
valores de los ángulos.

Cuadriláteros N.ºs. 1 y 2.

El cuadrilátero N.º 1 está formado por los vértices 3, 2, 4 y 1 los ángulos interiores son los siguientes: $\angle 3$, $\angle 2$, $\angle 4$, $\angle 1$.

Ángulos Valores dadas en el enunciado por positivo.

$\angle 3$	$47^\circ 42' 35'' \pm 2''$
$\angle 2$	$19^\circ 51' 30'' \pm 2''$
$\angle 4$	$16^\circ 50' 40'' \pm 1''$
$\angle 1$	$100^\circ 14' 08'' \pm 2''$
$\angle 3$	$51^\circ 42' 35'' \pm 2''$
(4)	$15^\circ 24' 38'' \pm 1''$
(5)	$45^\circ 10' 35'' \pm 1''$
Σ	$312^\circ 00' 11''$



Condiciones de Ángulo

Por las condiciones las ángulos $\angle 2 + \angle 4 = (\angle 1) + \angle 3$ y los ángulos

$$(\angle 1) + x = 1 + y$$

$$\begin{array}{r} x \\ 47^\circ 42' 35'' \\ 19^\circ 51' 30'' \\ \hline 67^\circ 34' 05'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} (4) \\ 15^\circ 24' 38'' \\ 16^\circ 50' 40'' \\ \hline 32^\circ 15' 18'' \end{array} \quad \text{Dif. } 2''$$

Igualdad (1)

$$\begin{array}{r} (5) \\ 45^\circ 10' 35'' \\ 71^\circ 28' 12'' \\ \hline 116^\circ 38' 47'' \end{array}$$

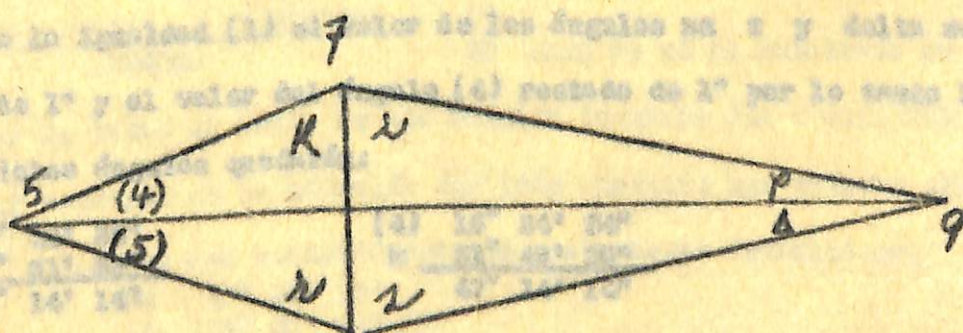
$$\begin{array}{r} 1 \\ 100^\circ 14' 08'' \\ 15^\circ 24' 38'' \\ \hline 115^\circ 38' 46'' \end{array} \quad \text{Dif. } 40''$$

Igualdad (2)

Componiendo la igualdad (1) el valor de los ángulos $\angle 2$ y $\angle 4$ se ve

que el valor de $\angle 2$ y el valor de $\angle 4$ es el mismo (4) restado de $\angle 1$ por lo tanto los

valores de los ángulos $\angle 2$ y $\angle 4$ son los siguientes:



Componiendo la igualdad (2) el valor de los ángulos $\angle 1$ y $\angle 3$ se ve que

el valor de $\angle 1$ y los ángulos $\angle 2$ y $\angle 4$ son los siguientes:

Componiendo la igualdad (3) el valor de los ángulos $\angle 1$ y $\angle 3$ se ve que

$$\begin{array}{r} (5) \\ 45^\circ 10' 35'' \\ 71^\circ 28' 12'' \\ \hline 116^\circ 38' 47'' \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 100^\circ 14' 08'' \\ 15^\circ 24' 38'' \\ \hline 115^\circ 38' 46'' \end{array}$$

valores definitivos.

Cuadrilátero número dos.

El cuadrilátero n.º 2 está formado por los vértices 8, 5, 7 y 9 sus ángulos internos son los siguientes: s, i, k, (4), (5), r.

Ángulos	Valores ajustados en su estación respectiva.	Valor de los Ángulos ajustados a 360°
s	47° 42' 36" ± 2"	47° 42' 34"
Δ	19° 31' 39" ± 1"	19° 31' 38"
φ	12° 30' 40" ± 1"	12° 30' 39"
i	100° 14' 48" ± 2"	100° 14' 46"
k	51° 49' 21" ± 1"	51° 49' 20"
(4)	15° 24' 56" ± 1"	15° 24' 55"
(5)	41° 10' 54" ± 1"	41° 10' 53"
r	71° 35' 17" ± 2"	71° 35' 15"
	<u>360° 00' 11"</u>	<u>360° 00' 00"</u>

Condiciones de ángulo

Primeras dos condiciones. Los ángulos s + Δ = (4) + k y los ángulos (5) + r = i + φ

$$\begin{array}{rcl}
 s & 47^{\circ} 42' 34'' & \\
 \Delta & 19^{\circ} 31' 38'' & \\
 \hline
 & 67^{\circ} 14' 12'' & \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 (4) & 15^{\circ} 24' 55'' & \\
 k & 51^{\circ} 49' 20'' & \\
 \hline
 & 67^{\circ} 14' 15'' & \text{Dif. } 3''
 \end{array}$$

Igualdad (1)

$$\begin{array}{rcl}
 (5) & 41^{\circ} 10' 53'' & \\
 r & 71^{\circ} 35' 15'' & \\
 \hline
 & 112^{\circ} 46' 08'' & \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 i & 100^{\circ} 14' 46'' & \\
 \varphi & 12^{\circ} 30' 39'' & \\
 \hline
 & 112^{\circ} 45' 25'' & \text{Dif. } 43''
 \end{array}$$

Igualdad (2)

Compensando la igualdad (1) el valor de los ángulos s y delta se vé aumentado de 1" y el valor del ángulo (4) restado de 1" por lo tanto los valores de dichos ángulos quedarán:

$$\begin{array}{rcl}
 s & 47^{\circ} 42' 35'' & \\
 \Delta & 19^{\circ} 31' 39'' & \\
 \hline
 & 67^{\circ} 14' 14'' & \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 (4) & 15^{\circ} 24' 54'' & \\
 k & 51^{\circ} 49' 20'' & \\
 \hline
 & 67^{\circ} 14' 14'' &
 \end{array}$$

Compensando la igualdad dos el valor de los ángulos (5) y r se verá disminuido de 11" y los ángulos i y φ aumentarán su valor en 11" y 10" respectivamente por lo tanto los valores de dichos ángulos quedarán

$$\begin{array}{rcl}
 (5) & 41^{\circ} 10' 42'' & \\
 r & 71^{\circ} 35' 04'' & \\
 \hline
 & 112^{\circ} 45' 46'' & \\
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 i & 100^{\circ} 14' 57'' & \\
 \varphi & 12^{\circ} 30' 49'' & \\
 \hline
 & 112^{\circ} 45' 46'' &
 \end{array}$$

quedando por lo tanto satisfechas las dos primeras condiciones de ángulo.

3a. Condición de ángulo. La suma de los ángulos internos del cuadrilátero deben sumar 360° .

s	47° 42' 35"
Δ	19° 31' 39"
φ	12° 30' 49"
i	100° 14' 57"
k	51° 49' 20"
(4)	15° 24' 54"
(5)	41° 10' 42"
r	<u>71° 35' 04"</u>
	360° 00' 00"

Como la suma de los ángulos es de 360° queda satisfecha la 3a. condición de ángulo.

Compensación de los Ángulos internos del cuadrilátero por la ecuación del lado siguiendo el procedimiento empleado para el cuadrilátero n.º 1

2dos. Ángulos	Log. Sen.	Dif. por 1"
s	9.869081	1.9
φ	9.335802	9.5
k	9.895474	1.6
(5)	<u>9.818492</u>	<u>2.4</u>
suma de log.	2.918849	15.4 Suma diferencias

Ángulos alternos a los anteriores.

Primeros ángulos	log. sen.	dif. por 1"
Δ	9.524084	5.9
i	9.993024	0.4
(4)	9.424588	7.6
k	<u>9.977171</u>	<u>0.7</u>
Suma de log.	29.18867	14.6 Suma diferencias.

Con éstos datos el valor angular de X será igual a:

$$\frac{2.9188667 - 2.9188490}{.000030} = \frac{17}{30} \text{ como se vé el resultado es menor de } \underline{\hspace{1cm}}$$

un segundo por lo tanto el valor de los ángulos internos del cuadrilátero no alcanzan ajuste por concepto de la ecuación del lado quedando sus valores sin alterarse.

Ángulos del cuadrilátero con sus valores definitivos.

s	47° 42' 35"
Δ	19° 31' 39"
φ	12° 30' 49"
i	100° 14' 57"
k	51° 49' 20"
(4)	15° 24' 54"
(5)	41° 10' 42"
r	<u>71° 35' 04"</u>
	360° 00' 00"

Compensación de los triángulos que forman parte del polígono

que tiene como centro el vértice de triangulación núm. 5.

Condiciones de Ángulo. 1a. condición.

La suma de los ángulos de cada uno de los triángulos que tienen como vértice común a cinco (vértice No. 5) sumarán 180° .

Triángulo núm. 1 vértices 1 - 2 - 5

Ángulos Valor de los ángulos
ajustados a 180°

$$\begin{array}{rcl} d = 75^\circ 51' 39'' + 2'' & 75^\circ 51' 40'' \\ a = 74^\circ 35' 21'' + 2'' & 74^\circ 35' 23'' \\ (7) = 29^\circ 32' 55'' + 2'' & 29^\circ 32' 57'' \\ \hline 179^\circ 59' 54'' & 180^\circ 00' 00'' \end{array}$$

Los ángulos de la izquierda tienen el valor tomado en el campo y corregido en cada estación a 360° .

Triángulo Núm. 2 Vértices 2 - 3 - 5
Ángulos Valor de los ángulos
ajustados a 180° .

$$\begin{array}{rcl} b = 39^\circ 06' 17'' - 11'' & 39^\circ 06' 06'' \\ u = 34^\circ 56' 10'' - 11'' & 34^\circ 56' 59'' \\ (6) = 105^\circ 58' 07'' - 12'' & 105^\circ 57' 55'' \\ \hline 180^\circ 00' 34'' & 180^\circ 00' 00'' \end{array}$$

Triángulo Núm. 3 Vértices 3 - 7 - 5

Ángulos Valor de los ángulos
ajustados a 180°

$$\begin{array}{rcl} r = 71^\circ 35' 04'' \\ k = 51^\circ 49' 19'' \\ (4) + (5) = 56^\circ 35' 37'' \\ \hline 180^\circ 00' 00'' \end{array}$$

Como se vé los ángulos del triángulo núm. 3 suman 180° por estar incluidos en el cuadrilátero núm. 2 y como ya fueron ajustados sus valores ya no pueden cambiarse.

Triángulo núm. 4 Vértices 7 - 6 - 5

Ángulos Valor de los ángulos
ajustados a 180°

$$\begin{array}{rcl} z = 73^\circ 35' 20'' + 2'' & 73^\circ 35' 22'' \\ o = 66^\circ 05' 19'' + 1'' & 66^\circ 05' 20'' \\ (3) = 40^\circ 19' 17'' + 1'' & 40^\circ 19' 18'' \\ \hline 179^\circ 59' 59'' & 180^\circ 00' 00'' \end{array}$$

Triángulo núm. 5. Vértices 6-4-5

Ángulos	Valor de los ángulos ajustados a 180°
p = 29° 14' 47" ± 8"	29° 14' 39"
III = 65° 33' 15" ± 8"	65° 33' 07"
(2) = 87° 12' 22" ± 8"	87° 12' 14"
<u>180° 00' 24"</u>	<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo núm. 6 Vértices 4-1-5

Ángulos

$$IV = 89° 40' 52"$$

$$c = 49° 57' 49"$$

$$(1) + (8) = 40° 21' 19"$$

$$\underline{180° 00' 00"}$$

El valor de los ángulos del triángulo núm. 6 suman 180° puesto que sus valores son fijos por estar ajustados en el cuadrilátero número 1 formado por los vértices de triangulación 3-4-5-1.

Segunda condición de Ángulo.- La suma total de los ángulos en el vértice núm. 5 serán 360° 00' 00".

El ajuste del error que resulte se hará en los ángulos que no están corregidos en los cuadriláteros ya formados, la corrección se hizo en la siguiente forma.

Ángulos por ajustar	Ángulos ajustados en cuadriláteros.
(7) 29° 32' 57"	(4) + (5) = 56° 35' 37"
(6) 105° 57' 55"	(1) + (8) = 40° 21' 19"
(3) 40° 19' 18"	<u>Suma 96° 56' 56"</u>
(2) 87° 12' 14"	
<u>Suma 263° 02' 24"</u>	

Restando de 360° el valor de los ángulos ajustados nos dará el valor que debe tener la suma de los ángulos no ajustados, ó sea los ángulos que se pueden ajustar.

$$\begin{array}{r} 359° 59' 60" \\ - 96° 56' 56" \\ \hline 263° 03' 04" \end{array}$$

Los ángulos por ajustar deben sumar 263° 03' 04" pero como el valor de dichos ángulos sumados dan un total de 263° 02' 24" tenemos una diferencia por repartir entre los ángulos igual a 40" ó lo que es lo mismo el valor de los ángulos se verá aumentado en 10" quedando por lo tanto en la forma siguiente :

$$\begin{array}{l} (7) = 29° 32' 57" + 10" = 29° 33' 07" \\ (6) = 105° 57' 55" + 10" = 105° 58' 05" \\ (3) = 40° 19' 18" + 10" = 40° 19' 28" \\ (2) = 87° 12' 14" + 10" = 87° 12' 24" \\ \hline 263° 03' 04" \end{array}$$

Por lo tanto los valores correctos son los de la derecha puesto que la suma es igual a 263° 03' 04" que es la suma que se buscaba.

Una vez hecha la corrección anterior los ángulos en el vértice núm. 5 quedarán con los siguientes valores.

Ángulos	Valores
(7)	29° 33' 07"
(6)	105° 56' 05"
(3)	40° 19' 28"
(2)	87° 12' 24"
(4)+(5)	56° 35' 37.12
(1)+(8)	40° 21' 19"
	360° 00' 00"

Con ésta última corrección quedan satisfechas las condiciones de ángulo.

Como a los ángulos en el vértice 5 se les aumentó 10' a cada uno, pero nada más a los ángulos que se podían corregir por no estar fijados con anterioridad dichos ángulos son: (7), (6), (3), y (2) a los ángulos opuestos a cada uno de éstos habrá que restar 5' con el fin de que los triángulos queden correctos es decir la suma de sus ángulos sea igual a 180° quedando los ángulos opuestos con los valores siguientes:

Ángulos incorrectos	Ángulos corregidos
d 75° 51' 40" - 5"	75° 51' 35"
a 74° 35' 23"	74° 35' 18"
b 39° 06' 06"	39° 06' 01"
n 34° 55' 59"	34° 55' 54"
r 73° 35' 22"	73° 35' 17"
e 66° 05' 20"	66° 05' 15"
p 29° 14' 39"	29° 14' 34"
III 63° 33' 07"	63° 33' 02"

Para calcular el valor angular por repartir entre los ángulos internos del polígono se procede usando la misma fórmula de los cuadriláteros, es decir se toman los ángulos alternadamente y se buscan el valor de sus logaritmos senos así como el de sus diferencias por segundos.

Primeros ángulos	Log. sen.	Dif. por 1"
a'	9.984096	0.6
a	9.757851	3.0
k	9.895474	
e	9.961026	1.0
III	9.951983	1.0
e	<u>9.984022</u>	
Suma Log.	5.434452	5.6

Suma diferencias ángulos que suman

Segundos ángulos	Log. Sen.	Dif. por 1"
d	9.986637	0.5
b'	9.799809	2.6
r	9.977171	
f	9.981934	0.6
p	9.688878	3.7
IV	<u>9.999993</u>	
Suma Log	5.434422	7.4 Suma diferencias

Por lo tanto con éstos datos el valor angular por repartir es igual a:

$$\frac{5.434452 - 5.434422}{0.000013} = 2''$$

Ejecutando la compensación de los ángulos por concepto de la ecuación del lado nos queda que cada uno de los dos ángulos opuestos a cada uno de los ángulos en cinco habrá que agregar y restar 2" en la forma siguiente:

Ángulos	Corrección	Ángulos corregidos
d	75° 51' 35" + 2"	75° 51' 37"
a'	74° 35' 18" - 2"	74° 35' 16"
b'	39° 06' 01" + 2"	39° 06' 03"
a	34° 55' 54" - 2"	34° 55' 52"
r	73° 35' 17" + 2"	73° 35' 19"
o	66° 05' 15" - 2"	66° 05' 13"
p	29° 14' 36" + 2"	29° 14' 38"
III	63° 33' 02" - 2"	63° 33' 00"

Los triángulos que forman el polígono con centro en 5 después de corregir y compensar todos sus ángulos quedarán finalmente como siguen:

Ang's	Triángulo # 1	Ang's	Triángulo # 2
d	75° 51' 37"	b'	39° 06' 03"
a'	74° 35' 16"	a	34° 55' 52"
(7)	<u>29° 33' 07"</u>	(6)	<u>105° 58' 05"</u>
	180° 00' 00"		180° 00' 00"

Ang's	Triángulo # 3	Ang's	Triángulo # 4
r	73° 35' 19"	f	73° 35' 19"
k	51° 49' 19"	o	66° 05' 13"
(4)+(5)	<u>56° 35' 37"</u>	(3)	<u>40° 19' 28"</u>
	180° 00' 00"		180° 00' 00"

Ang's	Triángulo # 5	Ang's	Triángulo # 6
p	29° 14' 38"	IV	89° 40' 52"
III	63° 33' 00"	c	49° 57' 49"
(2)	<u>87° 12' 24"</u>	(1)+(6)	<u>40° 21' 19"</u>
	180° 00' 00"		180° 00' 00"

Con esto queda compensado el valor de los ángulos de los triángulos que forman el Polígono con centro en el vértice 5.

POLIGONOS CON CENTRO EN 1 EN 5 EN 4 Y EN 7.

Composición de los triángulos que forman parte del polígono que tiene

un centro en el vértice de triangulación n.º 7.

Unidades de ángulo. Primer caso.

En caso de los ángulos de centro en 7 que tienen como vértice en

n.º 1 y son de 120°.

Triángulo n.º 1. Vértices

Ángulos

Valor de los

ángulos

(1) 120° 120° 120°

2 120° 120° 120°

3 120° 120° 120°

4 120° 120° 120°

En caso de los ángulos de centro en 1 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 5 que tienen como vértice en

n.º 1 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 4 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 7 que tienen como vértice en

n.º 1 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 5 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 4 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 7 que tienen como vértice en

n.º 1 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 5 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 4 que tienen como vértice en

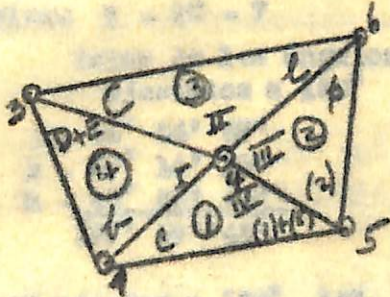
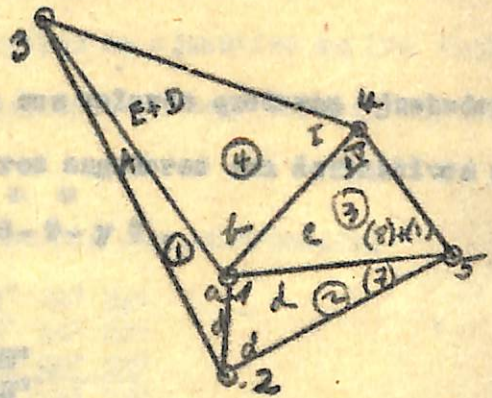
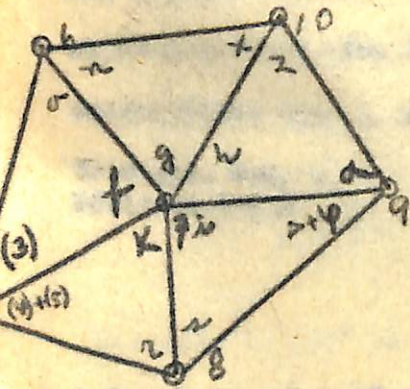
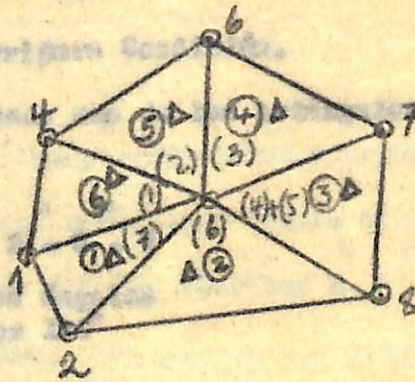
n.º 7 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 7 que tienen como vértice en

n.º 1 y son de 120°.

En caso de los ángulos de centro en 5 que tienen como vértice en

n.º 7 y son de 120°.



$$\begin{aligned} A &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \\ B &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \\ C &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \\ E &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \\ F &= 60^\circ 15' 45'' + 2^\circ \end{aligned}$$

Triángulo n.º 4. Vértices 1 - 5 - 7

Ángulos

Valor de los ángulos 120°

1 120° 120° 120°

2 120° 120° 120°

3 120° 120° 120°

Compensación de los triángulos que forman parte del polígono que tiene como centro el vértice de triangulación n.º 7.

Condiciones de ángulo. Primera Condición.

La suma de los ángulos de cada uno de los triángulos que tienen como vértice común a 7 sumarán 180° .

Triángulo No. 1 Vértices 5 - 8 - 7

Ángulos Valor de los ángulos
ajustados 180°

$$(4) + (5) = 56^\circ 35' 36''$$

$$r = 71^\circ 35' 04''$$

$$k = 51^\circ 49' 20''$$

$$\underline{180^\circ 00' 00''}$$

Los ángulos anteriores suman 180° debido a que sus valores quedaron ajustados en el cuadrilátero n.º 2 y por lo mismo sus valores angulares son definitivos el cuadrilátero n.º 2 consta de los vértices 5-8-9- y 7.

Triángulo n.º 2
Vértices 8-9-7

Valor de los ángulos
ajustados a 180°

$$s = 47^\circ 42' 35''$$

$$\Delta = 32^\circ 02' 28''$$

$$i = 100^\circ 14' 57''$$

$$\underline{180^\circ 00' 00''}$$

A igual que el triángulo n.º 1 los valores de los ángulos del triángulo n.º 2 son definitivos por estar incluidos en el mismo cuadrilátero n.º 2.

Triángulo n.º 3 Vértices 9 - 10 - 7

Ángulos Valor de los ángulos
ajustados a 180°

$$\alpha = 66^\circ 54' 47''$$

$$x = 69^\circ 14' 10''$$

$$h = 43^\circ 50' 43''$$

$$\underline{179^\circ 59' 45''}$$

Error por compensar para ajustar a $180^\circ 15'$ que repartidos por partes iguales entre los tres ángulos sumarán $5''$ al valor de cada uno quedando como sigue:

$$\alpha = 66^\circ 54' 47'' + 5''$$

$$s = 69^\circ 14' 10'' + 5''$$

$$h = 43^\circ 50' 48'' + 5''$$

$$66^\circ 54' 52''$$

$$69^\circ 14' 15''$$

$$43^\circ 50' 53''$$

$$\underline{180^\circ 00' 00''}$$

Triángulo n.º 4. Vértices 10 - 6 - 7

Ángulos Valor de los áng. ajust. a 180°

$$x = 30^\circ 16' 17'' + 1''$$

$$30^\circ 16' 18''$$

$$n = 59^\circ 13' 57'' + 1''$$

$$59^\circ 13' 58''$$

$$s = 90^\circ 29' 43'' + 1''$$

$$90^\circ 29' 44''$$

Triángulo n.º 5 Vértices 6 - 5 - 7

Ángulos

$$\begin{aligned} e &= 66^{\circ} 05' 13'' \\ (3) &= 40^{\circ} 19' 28'' \\ f &= 73^{\circ} 35' 19'' \\ \hline 180^{\circ} 00' 00'' \end{aligned}$$

Estos ángulos tienen sus valores definitivos sumando por lo tanto 180° por estar ajustados en el polígono que tiene como centro el vértice de triangulación n.º 5 dicho polígono está formado por los vértices 2- 3 - 7 - 6 - 4 - 1.

Segunda condición de Ángulos.

La suma de los ángulos en 7 sumarán $360^{\circ} 00' 00''$.

El error resultante se repartirá entre los ángulos no ajustados en las figuras ya formadas puesto que los ángulos de éstas quedaren con sus valores definitivos los ángulos en 7 son i, h, g, f, k.

Ángulos por ajustar h, y g

Ángulos ajustados con anterioridad

$$\begin{aligned} h &= 43^{\circ} 50' 53'' \\ g &= 90^{\circ} 29' 44'' \\ \hline 134^{\circ} 20' 37'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= 51^{\circ} 49' 20'' \\ i &= 100^{\circ} 14' 57'' \\ f &= 73^{\circ} 35' 19'' \\ \hline 225^{\circ} 39' 36'' \end{aligned}$$

Restando de 360° la suma de los ángulos ajustados con anterioridad nos da un valor igual a $134^{\circ} 20' 24''$ que es el valor que debe tener la suma de los ángulos por ajustar pero como la suma de éstos es igual a $134^{\circ} 20' 37''$ encontremos un error por repartir igual a $13''$ la corrección se efectuará entre éstos dos ángulos como se indica a continuación:

$$\begin{aligned} h &= 43^{\circ} 50' 53'' - 6'' \\ g &= 90^{\circ} 29' 44'' - 7'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &43^{\circ} 50' 47'' \\ &90^{\circ} 29' 37'' \\ \hline &134^{\circ} 20' 24'' \end{aligned}$$

Cantidad que sumada a $225^{\circ} 39' 36''$ nos da 360° que es lo que se buscaba quedando por lo tanto satisfecha ésta segunda condición de ángulo así es que los valores de los ángulos en i quedan en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} i &= 100^{\circ} 14' 57'' \\ h &= 43^{\circ} 50' 47'' \\ g &= 90^{\circ} 29' 37'' \\ f &= 73^{\circ} 35' 19'' \\ k &= 51^{\circ} 49' 20'' \\ \hline 360^{\circ} 00' 00'' \end{aligned}$$

Como a los ángulos en 5, h y g se les restaron 6" y 7" respectivamente para que los triángulos respectivos queden correctos habrá que agregarles esos segundos restados a sus ángulos complementarios ó sea:

Ángulos complementarios de "h", "x" y "z"

Ángulos complementarios de "g", "x" y "n"

$$\begin{aligned} \alpha &= 66^{\circ} 54' 52'' + 3'' & 66^{\circ} 54' 55'' \\ z &= 69^{\circ} 14' 15'' + 3'' & 69^{\circ} 14' 18'' \\ x &= 30^{\circ} 16' 18'' + 3'' & 30^{\circ} 16' 21'' \\ n &= 59^{\circ} 13' 58'' + 4'' & 59^{\circ} 14' 02'' \end{aligned}$$

Con ésto quedaron corregidos los triángulos del polígono de que tratamos.

Compensación de los ángulos internos del polígono por la ecuación del lado, usando las fórmulas usada con anterioridad:

Valor de los ángulos tomados alternadamente.

Primeros Ángulos Log. Sen. Dif. por 1"

$$(4) + (5) = 9.921576$$

$$s = 9.869082$$

$$\alpha = 9.963752$$

$$x = 9.702528$$

$$z = 9.961024$$

$$\text{suma de Log. } 4.417962$$

$$0.9$$

$$3.7$$

$$4.6$$

suma diferencias

Segundos ángulos Log. Sen. Dif. por 1"

$$r = 9.977170$$

$$\Delta + y = 9.724708$$

$$s = 9.970842$$

$$n = 9.934124$$

$$(3) = 9.810979$$

$$\text{Suma de log. } 4.417823$$

$$0.7$$

$$1.3$$

$$2.0$$

suma diferencias

Diferencia entre las dos sumas de logaritmos 141

Suma de diferencias por segundos 6.6 dividiendo 141 entre 6.6 nos resulta igual a 21" repartible entre los ángulos no ajustados en figuras anteriores con signos más y menos quedando como sigue

$$\alpha = 66^{\circ} 54' 55'' + 21''$$

$$z = 69^{\circ} 14' 18'' + 21''$$

$$x = 30^{\circ} 16' 21'' + 21''$$

$$n = 59^{\circ} 14' 02'' + 21''$$

$$\alpha = 66^{\circ} 54' 34''$$

$$z = 69^{\circ} 14' 39''$$

$$x = 30^{\circ} 16' 00''$$

$$n = 59^{\circ} 14' 23''$$

Los triángulos del polígono ya correctos tendrán como valores definitivos los siguientes:

Triángulo número 1.

Angulo	
(4) + (5)	56° 35' 36"
B	71° 38' 04"
K	52° 49' 20"
	<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo núm. 2.

Angulo	
B	47° 42' 35"
A + Y	32° 02' 28"
I	100° 14' 57"
	<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo número 3.

Angulo	
X	66° 54' 34"
Z	69° 14' 39"
H	43° 59' 47"
	<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo núm. 4.

Angulo	
X	30° 16' 00"
N	59° 14' 23"
E	90° 29' 37"
	<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo número 5

Angulos.

O	66° 05' 13"
(3)	40° 19' 28"
F	73° 35' 19"
	<u>180° 00' 00"</u>

Compensación de los triángulos que forman el polígono que tiene como centro al vértice de triangulación núm. 1

Condiciones de ángulo.

Primera Condición.

La suma de los ángulos de cada uno de los triángulos que tienen como vértice común a B sumarán 180°.

Triángulo núm. 1 Vértices 2 - 3 - 1

Angulos del Triángulo

a	150° 12' 08"
d'	21° 57' 24"
A	7° 50' 03"
	<u>179° 59' 35"</u>

Error por repartir 25", repartidos en la forma siguiente:

Angulos

a	150° 12' 08"	+ 9"	150° 12' 17"
d'	21° 57' 24"	+ 8"	21° 57' 32"
A	7° 50' 03"	+ 8"	7° 50' 11"
			<u>180° 00' 00"</u>

Triángulo número 2. Vértices 2 - 5 - 1

Angulos del Triángulo.

a'	74° 35' 16"
(7)	29° 33' 07"
d	75° 51' 37"
	<u>180° 00' 00"</u>

La suma de los ángulos de este triángulo es igual a 180° debido a que sus valores son definitivos por estar incluidos en el polígono con centro en el vértice B ya ajustado con

anterioridad.

Triángulo número 3. Vértices 5 - 4 - 1

Ángulos
 (8)+(1) $40^{\circ} 21' 19''$
 IV $29^{\circ} 33' 07''$
 a $75^{\circ} 51' 27''$
 $180^{\circ} 00' 00''$

Estos ángulos están correctos por que sus valores son definitivos ya que están incluidos en el cuadrilátero número 1 que ya fué ajustado.

Triángulo n.º 4. Vértices 3- 4- 1

Ángulos
 I $70^{\circ} 17' 14''$
 B+D $25^{\circ} 44' 28''$
 b $83^{\circ} 58' 18''$
 $180^{\circ} 00' 00''$

Ángulos ajustados en el cuadrilátero número 1 y por lo tanto con sus valores definitivos.

Segunda condición de Ángulos.

La suma de los ángulos en 1 sumarán 360° . Como 3 de los 4 triángulos que forman parte de éste polígono están ya ajustados en otras figuras formadas sus valores no se pueden modificar por ser definitivos por lo tanto el error resultante se reparte entre el ángulo en 1 del triángulo n.º 1 como sigue:

Ángulos en 1 ajustados.

a $75^{\circ} 51' 37''$
 c $49^{\circ} 57' 49''$
 b $83^{\circ} 58' 18''$
 $209^{\circ} 47' 44''$

Restada la suma de éstos ángulos de 360° nos queda:

$360^{\circ} 59' 60''$
 $- 209^{\circ} 47' 44''$
 $150^{\circ} 12' 16''$

Que es el valor que debe tener el ángulo por ajustar. El valor del ángulo "a" es $150^{\circ} 12' 17''$ y por lo tanto encontramos un error de $1''$ que se resta al mismo quedando su valor igual a $150^{\circ} 12' 16''$ que sumado con $209^{\circ} 47' 44''$ nos da $360^{\circ} 00' 00''$ quedando satisfecha la segunda condición de ángulo. Al restarle $1''$ a éste ángulo el triángulo número 1 queda incorrecto y para corregirlo agregamos $1''$ al ángulo "a" y queda finalmente como sigue.

Ángulo a $150^{\circ} 12' 16''$
 d' $21^{\circ} 57' 33''$
 a $7^{\circ} 50' 11''$
 $180^{\circ} 00' 00''$

quedando con esto ajustados los triángulos del polígono con

centro en 1.

Compensación de los ángulos internos del polígono por la ecuación del lado usando las mismas fórmulas y se conocidas.

Valor de los ángulos tomados alternadamente.

Primeros Ángulos. Log. Sen. Dif. por 1"

A 9.134638 15.3

a' 9.234395

(8)4(1) 9.011256

I 9.973772

Suma Log. 2.903761 15.3 Suma diferencias

Segundos Ángulos Log. Sen. Dif. por 1"

d' 9.572809 5.2

(7) 9.693030

IV 9.939993

IV 9.939993

Suma Log. 2.903627 5.2 Suma diferencias

Diferencia entre las dos sumas de logaritmos igual a 134, suma diferencias por segundos 20.5. Dividiendo la diferencia entre las sumas de los logaritmos de los primeros y segundos ángulos entre la suma de las diferencias nos queda

$$\frac{134}{20.5} = 6''$$

Error repartible entre los ángulos por ajustar con signos más y menos quedando sus valores como sigue:

Ángulos

a' - 31° 57' 33" + 6"

21° 57' 39"

A = 7° 50' 11" - 6"

7° 50' 05"

Los ángulos a' y A son los únicos que se pueden ajustar por formar parte del triángulo número 1 que no está aislado en ninguna de las figuras ya formadas con ésta. Corrección el triángulo número 1 tiene como valores definitivos en sus ángulos interiores los siguientes:

$$a = 180^\circ 12' 16''$$

$$a' = 21^\circ 57' 39''$$

$$A = 7^\circ 50' 05''$$

$$180^\circ 00' 00''$$

Con ésta corrección hecha el triángulo número 1 quedan compensados todos los triángulos que forman parte del polígono con centro en el vértice núm. 1. Compensación de los triángulos que forman el polígono que tiene como centro al vértice núm. 4.

Condiciones de ángulo. Primera Condición.

La suma de los ángulos de cada uno de los triángulos que tienen como vértice común a 4 sumarán 180°

Triángulo n.º 1 Vértices 1 - 5 - 4

Ángulos.

$$\begin{aligned} c &= 49^\circ 57' 49'' \\ (1+8) &= 40^\circ 21' 19'' \\ IV &= 89^\circ 40' 52'' \\ \hline &180^\circ 00' 00'' \end{aligned}$$

Este triángulo está correcto porque fué ajustado con anterioridad en el cuadrilátero número 1.

Triángulo n.º 2 Vértices 5 - 6 - 4

Ángulos.

$$\begin{aligned} (2) &= 87^\circ 12' 24'' \\ p &= 29^\circ 14' 36'' \\ III &= 63^\circ 33' 00'' \\ \hline &180^\circ 00' 00'' \end{aligned}$$

Igual que la anterior éste triángulo está correcto por estar ajustado en el polígono que tiene como centro al vértice de triangulación número 5.

Triángulo n.º 3 Vértices 6 - 3 - 4

Ángulos.

$$\begin{aligned} 1 &= 21^\circ 08' 25'' \\ c &= 22^\circ 22' 55'' \\ II &= 136^\circ 29' 41'' \\ \hline &180^\circ 00' 01'' \end{aligned}$$

Triángulo n.º 4 Vértices 3 - 1 - 4

Ángulos.

$$\begin{aligned} D + E &= 25^\circ 44' 28'' \\ b &= 85^\circ 59' 18'' \\ I &= 70^\circ 17' 14'' \\ \hline &180^\circ 00' 00'' \end{aligned}$$

Este triángulo está correcto en vista de que fué ajustado en el cuadrilátero n.º 1.

Segunda condición de ángulo.

El valor de los ángulos en 4 deberá sumar $360^\circ 00' 00''$.

Suma de ángulos ajustados

con centro en 4.

$$\begin{aligned} I &= 70^\circ 17' 14'' \\ IV &= 89^\circ 40' 52'' \\ III &= 63^\circ 33' 00'' \\ \hline &223^\circ 31' 06'' \end{aligned}$$

Restando de 360° la suma de ángulos ajustados tenemos:

$$\begin{array}{r} 359^{\circ} 59' 60'' \\ 223^{\circ} 31' 06'' \\ \hline 136^{\circ} 28' 54'' \end{array}$$

El ángulo que tenemos que ajustar es II y tiene como valor $136^{\circ} 29' 41''$ así es que se le agrega $13''$ con el fin de tener el valor de $136^{\circ} 29' 54''$ que es lo que se busca con el fin de satisfacer la 2a. condición de ángulo hecho ésto el valor del ángulo 2 queda igual a $136^{\circ} 29' 54''$ quedando con ésto satisfecha la 2a. condición de ángulo.

Al agregarle al ángulo II los $13''$ sus ángulos opuestos tendrán que disminuir en la misma cantidad es decir a 1 le restamos $7''$ y al otro $6''$ quedando éstos como sigue:

$$\begin{array}{l} \text{Ángulo } c = 22^{\circ} 22' 54'' - 7'' = 22^{\circ} 22' 47'' \\ 1 = 21^{\circ} 08' 25'' - 6'' = 21^{\circ} 08' 19'' \end{array}$$

Quedando con ésto el triángulo número 3 como sigue:

$$\begin{array}{r} II = 136^{\circ} 29' 54'' \\ c = 22^{\circ} 22' 47'' \\ 1 = 21^{\circ} 08' 19'' \\ \hline 180^{\circ} 00' 00'' \end{array}$$

Equación de lado. - Compensación del polígono por éste concepto.

Ángulos tomados alternadamente.

Primeros ángulos. Log. Sen. Dif. por $1''$

$$\begin{array}{r} (1)+(8) \quad 9.811256 \\ p \quad 9.688982 \\ c \quad 9.580637 \\ b \quad 9.997892 \end{array}$$

$$\text{Suma log.} \quad 3.078367$$

$$\begin{array}{r} 5.1 \\ \hline 5.1 \text{ Suma diferencias.} \end{array}$$

Segundos ángulos. Log. Sen. Dif. por $1''$

$$\begin{array}{r} c \quad 9.884022 \\ (2) \quad 9.999483 \\ 1 \quad 9.557056 \\ D+E \quad 9.637795 \end{array}$$

$$\text{Suma Log.} \quad 3.078356$$

$$\begin{array}{r} 5.5 \\ \hline 5.5 \text{ Suma diferencias.} \end{array}$$

Ajuste por ángulo igual a suma de logaritmos de los primeros ángulos menos suma de logaritmos de los segundos ángulos dividido entre la suma total de las diferencias ó sea:

$$\frac{3.078367 - 3.078356}{10.6} = \frac{110}{106} = 1''$$

La corrección resultante de $1''$ la sumamos y restamos a los ángulos del triángulo

número 3 que es el único que queda por ajustar quedando definitivamente como sigue

Triángulo núm. 3	Angulos.	Angulos ajustados
1	$21^{\circ} 08' 19'' + 1''$	$21^{\circ} 08' 20''$
0	$22^{\circ} 22' 47'' - 1''$	$22^{\circ} 22' 46''$
II	$136^{\circ} 28' 54''$	$136^{\circ} 28' 54''$
		$180^{\circ} 00' 00''$

Quedando con esto ajustados todos los triángulos que forman parte del polígono que tiene como centro al vértice núm. 4.

FORMACION DE LOS TRIANGULOS DEL SISTEMA DE TRIANGULACION ASI COMO EL CALCULO DE SUS LADOS.

Triángulo Núm. 1	Vértices 1 - 2 - 5
Angulos.	
(7)	$29^{\circ} 33' 07''$
a	$74^{\circ} 35' 16''$
d	$75^{\circ} 51' 37''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 2	Vértices 1-5-4
Angulos	
IV	$89^{\circ} 40' 52''$
(1)+(8)	$40^{\circ} 21' 19''$
c	$49^{\circ} 57' 49''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 3	Vértices 4-5-6
Angulos	
p	$29^{\circ} 14' 36''$
(2)	$87^{\circ} 12' 24''$
III	$63^{\circ} 33' 00''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 4	Vértices 6-5-7
Angulos	
f	$73^{\circ} 35' 19''$
(3)	$40^{\circ} 19' 28''$
e	$66^{\circ} 05' 13''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo no. 5	Vértices 6-7-10
Angulos	
x	$30^{\circ} 16' 00''$
g	$90^{\circ} 29' 37''$
h	$59^{\circ} 14' 23''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 6	Vértices 10-7-9
Angulos.	
α	$66^{\circ} 54' 34''$
h	$43^{\circ} 50' 47''$
z	$69^{\circ} 14' 39''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 7	Vértices 7-8-9
Angulos	
s	$57^{\circ} 42' 35''$
i	$100^{\circ} 14' 57''$
$\Delta + \gamma$	$32^{\circ} 02' 28''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 8	Vértices 7-5-8
Angulos.	
(4)+(5)	$56^{\circ} 35' 36''$
k	$51^{\circ} 49' 20''$
v	$71^{\circ} 35' 04''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo No. 9	Vértices 5-2-8
Angulos	
b'	$39^{\circ} 06' 03''$
a	$34^{\circ} 55' 52''$
(6)	$105^{\circ} 58' 05''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

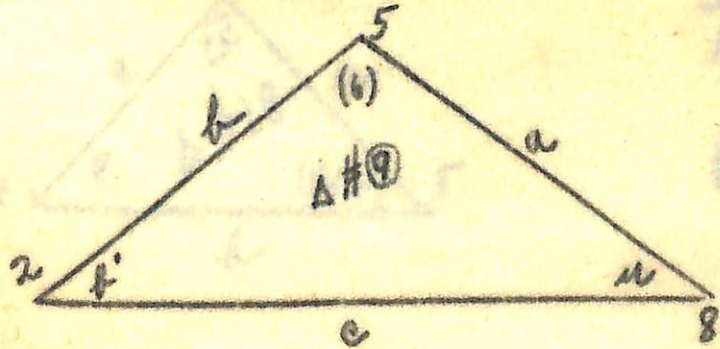
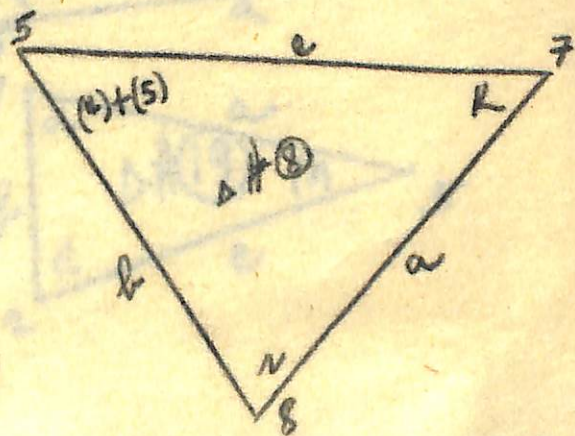
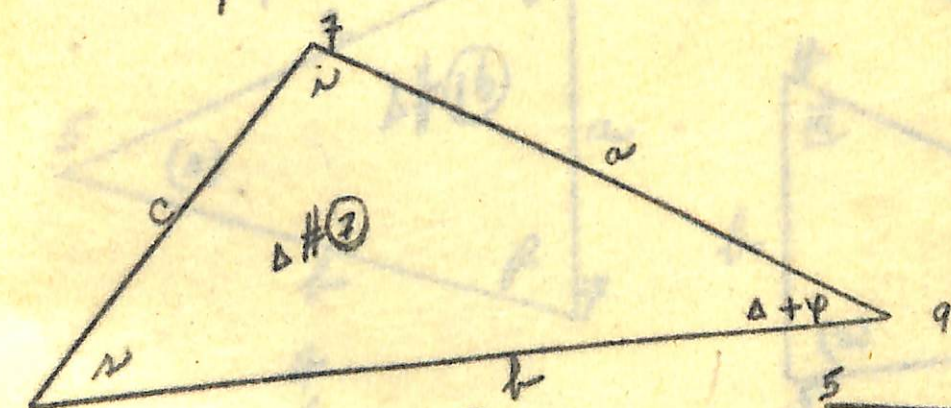
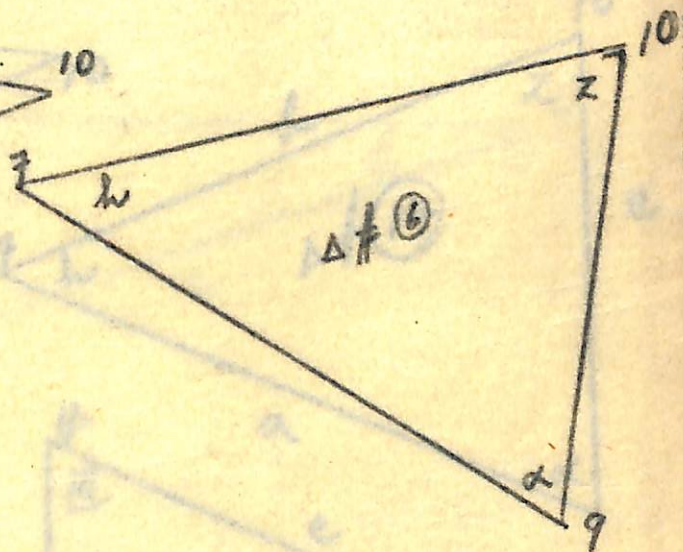
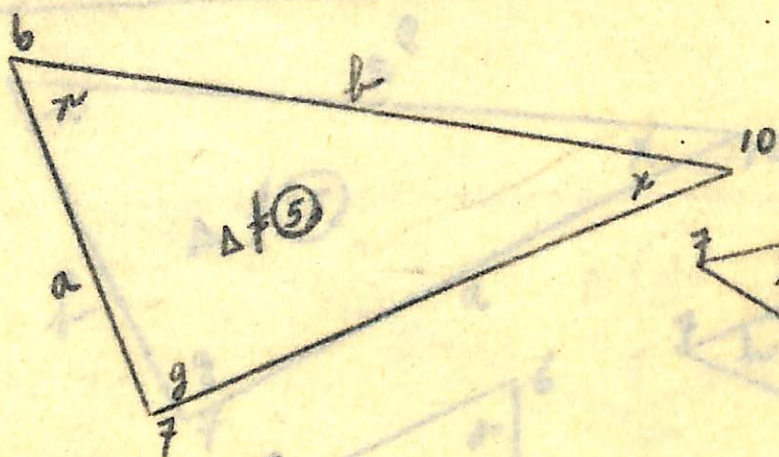
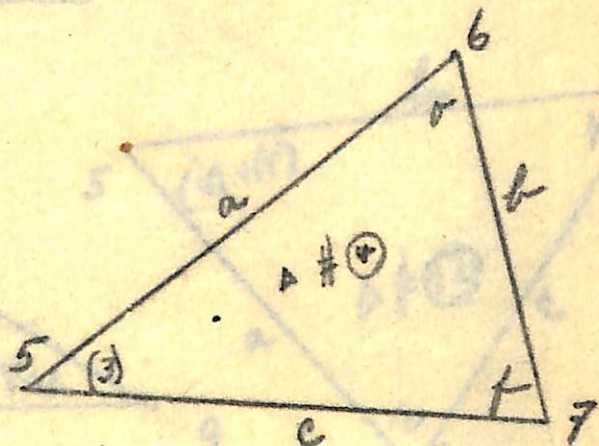
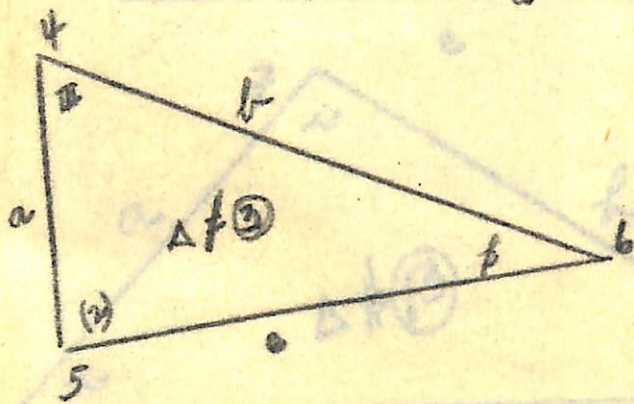
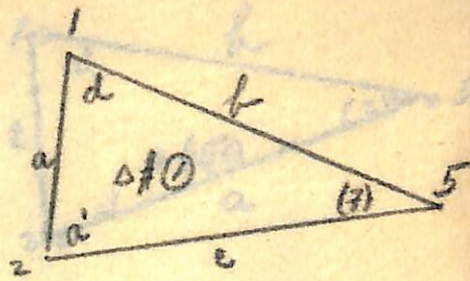
Triángulo No. 10	Vértices 1-2-5
Angulos.	
d	$75^{\circ} 51' 37''$
a'	$74^{\circ} 35' 16''$
(7)	$29^{\circ} 33' 07''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

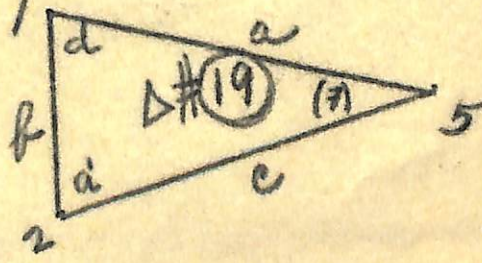
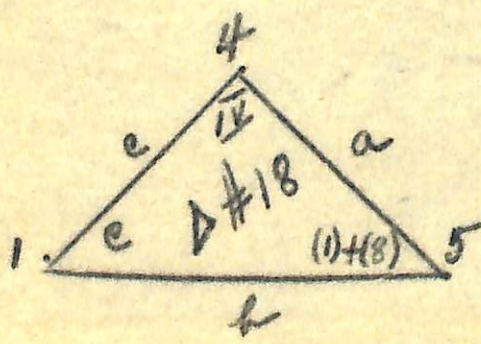
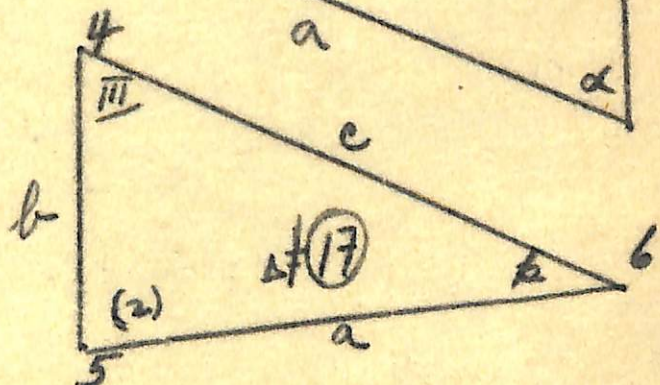
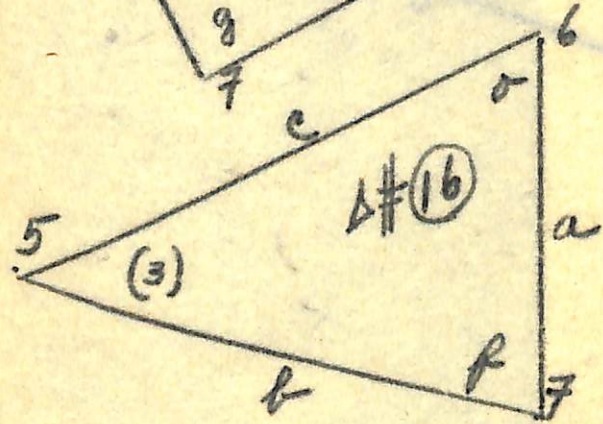
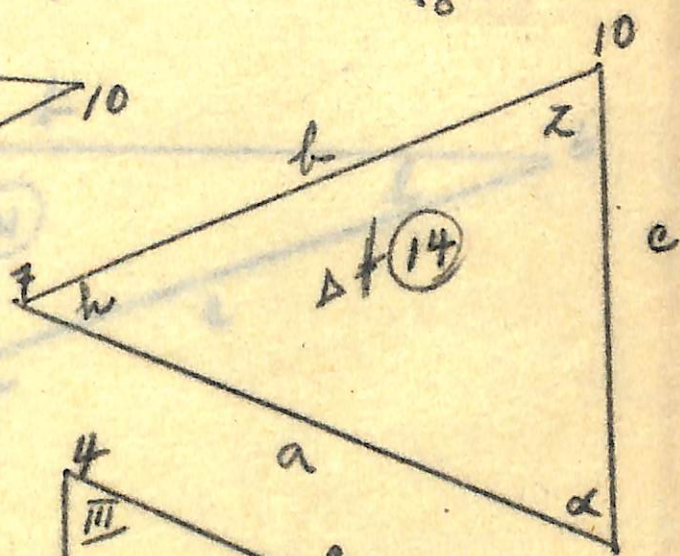
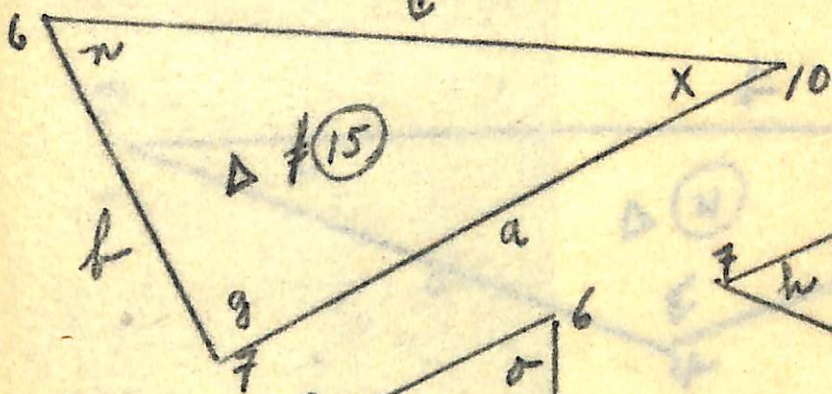
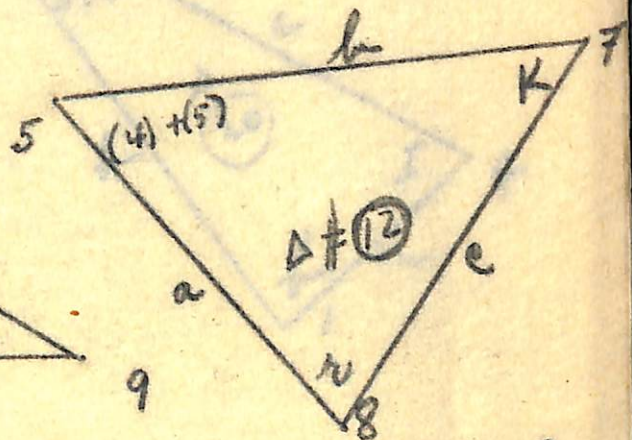
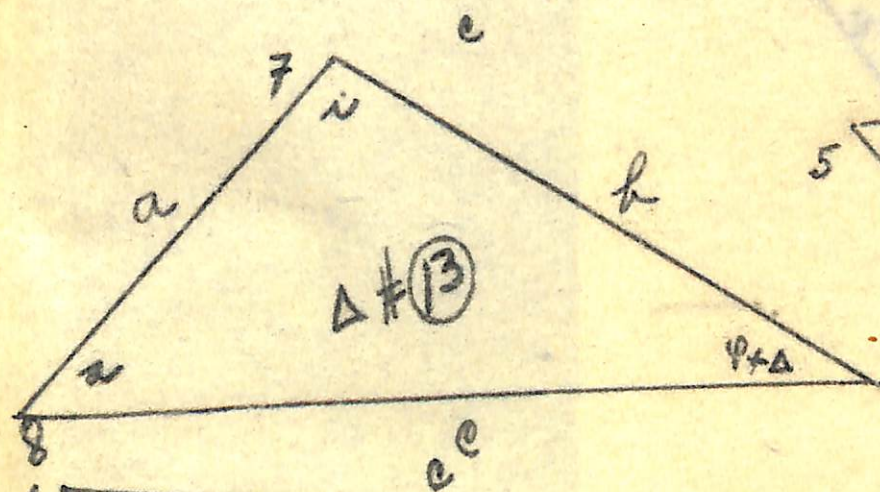
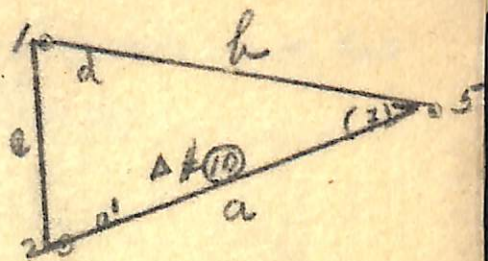
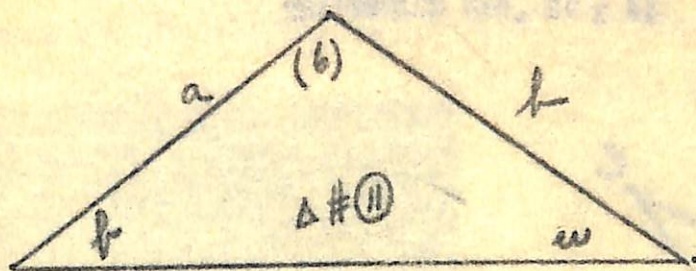
Igual al núm. 1

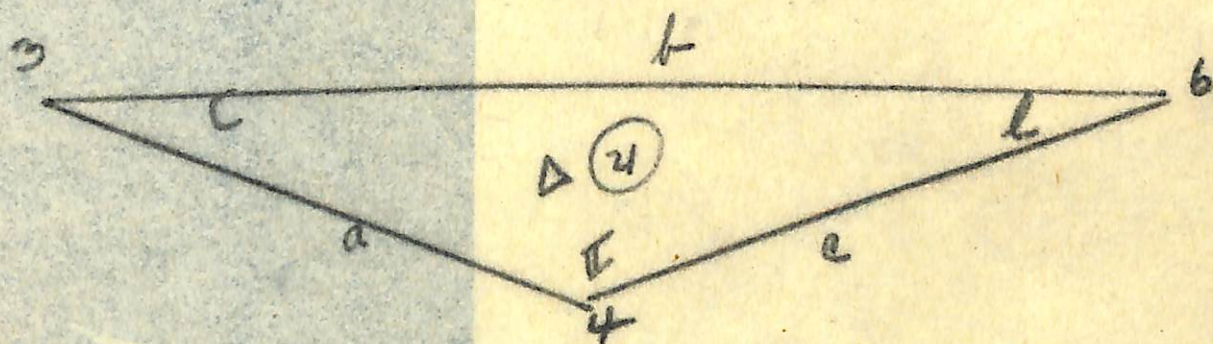
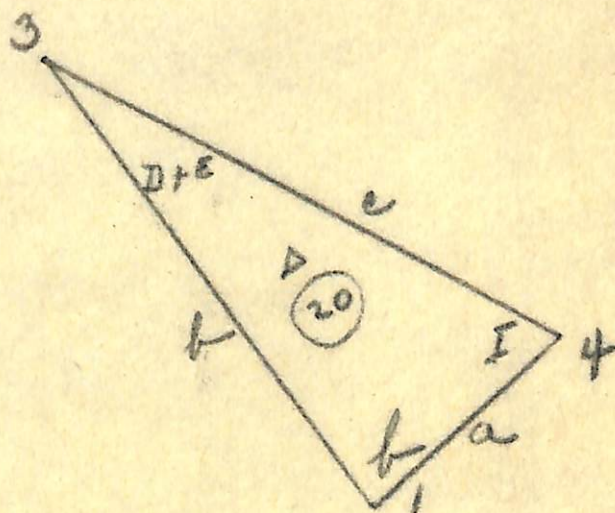
Triángulo no. 11	Vértices los del no. 9
Angulos.	
a	$34^{\circ} 55' 52''$
b'	$39^{\circ} 06' 03''$
(6)	$105^{\circ} 58' 05''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

Triángulo no. 12	Vértices los del no. 8
Angulos	
k	$51^{\circ} 49' 20''$
r	$71^{\circ} 35' 04''$
(4)+(5)	$56^{\circ} 35' 36''$
	$180^{\circ} 00' 00''$

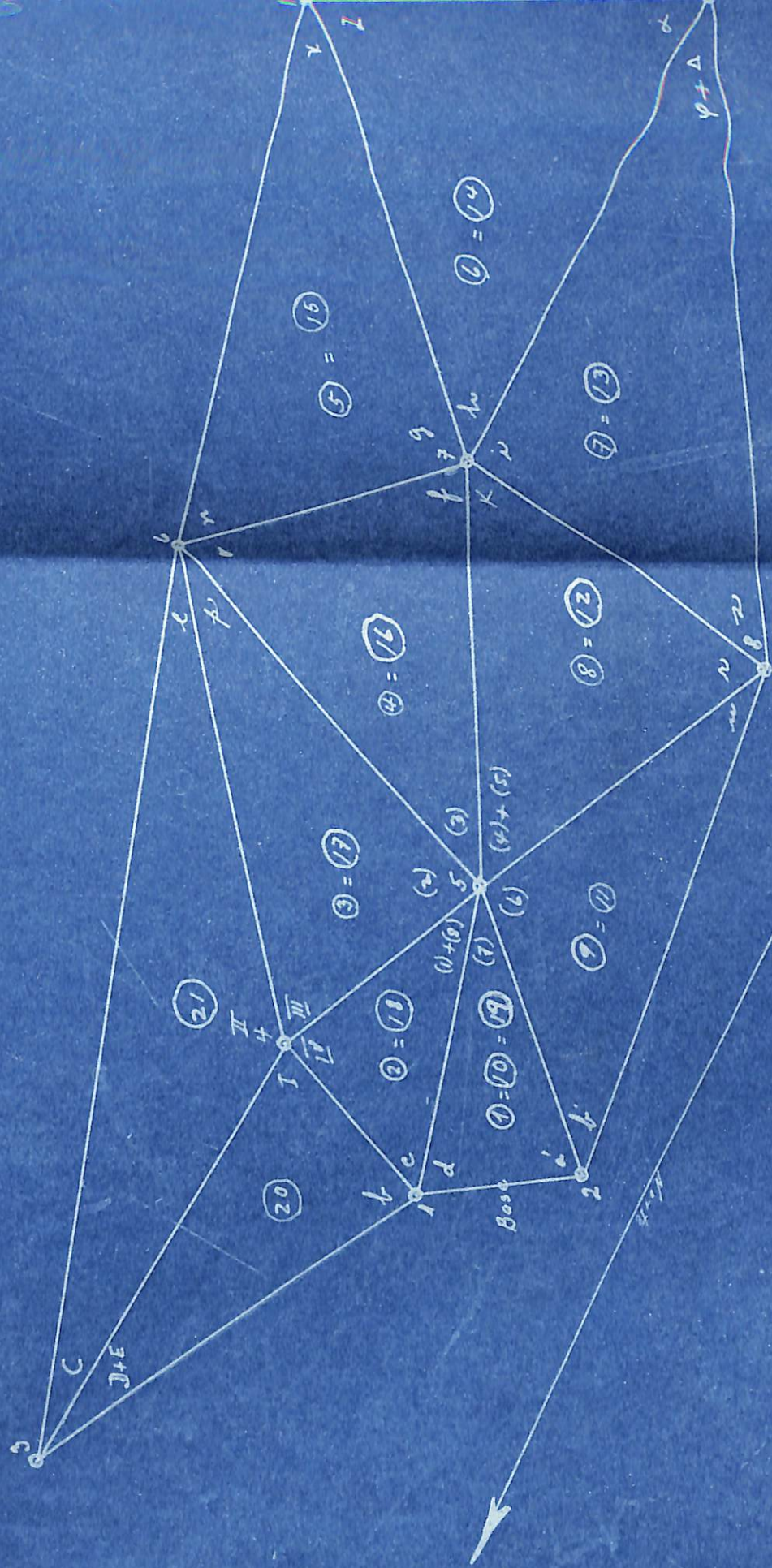
TRIANGULOS DEL NUMERO 1 AL 9.







Plano de la Triangulación de la Región de Costa Rica
 En C. del Oro, Zacatecas. Mostrando los Triángulos Formados, sus Medios
 y sus Vértices.



Triángulo no. 13 Vértices los del no. 7

Ángulos.
 $\Delta + \psi = 32^\circ 03' 26''$
 $\alpha = 47^\circ 42' 35''$
 $\beta = 100^\circ 14' 57''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo No. 14 Vértices los del No. 6

Ángulos.
 $\alpha = 69^\circ 14' 39''$
 $\alpha = 66^\circ 54' 34''$
 $\beta = 43^\circ 50' 47''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 15 Vértices los del No. 5

Ángulos.
 $\alpha = 59^\circ 14' 23''$
 $\alpha = 36^\circ 16' 00''$
 $\beta = 90^\circ 29' 37''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 16 Vértices los del No. 4

Ángulos.
 $(3) 40^\circ 19' 28''$
 $\alpha = 66^\circ 05' 13''$
 $\beta = 73^\circ 35' 19''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 17 Vértices los del no. 3

Ángulos.
 $III 65^\circ 33' 00''$
 $P 29^\circ 14' 36''$
 $(2) 87^\circ 12' 34''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 18 Vértices los del No. 2

Ángulos.
 $\alpha = 49^\circ 57' 49''$
 $IV 89^\circ 40' 52''$
 $(1)+(8) 40^\circ 21' 19''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 19 Vértices los del No. 1

Ángulos.
 $\alpha = 74^\circ 55' 16''$
 $(7) 29^\circ 33' 07''$
 $\beta = 76^\circ 51' 37''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 20 Vértices 1-3-4

Ángulos.
 $D+E 25^\circ 44' 28''$
 $I 70^\circ 17' 14''$
 $\beta = 83^\circ 58' 18''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Triángulo no. 21 Vértices 4-5-6 en el terreno

Ángulos.
 $I 21^\circ 08' 20''$
 $II 136^\circ 28' 54''$
 $\alpha = 22^\circ 22' 46''$
 $\underline{180^\circ 00' 00''}$

Con el fin de ilustrar la formación de los triángulos anteriores así como la de las figuras formadas con anterioridad adjunto croquis donde se verán éstas figuras en conjunto así como en detalle cada una. La formación de los triángulos se principió a partir de la base por ser el único lado conocido y se siguió encadenando éstos a la derecha hasta encontrar la base con el fin de chequear la medida hecha con la calada. Para mayor comprobación de la base se continuó calculando los triángulos a partir de la base hacia la izquierda hasta encontrar nuevamente ésta. De allí la razón de porque aún cuando los triángulos tienen distinto número tengan los vértices iguales.

RESOLUCION DE LOS TRIANGULOS. Cálculo de los lados.

El cálculo de los lados de los triángulos se hizo por la ley de los senos partien-
do del triángulo núm. 1 por ser el que tiene como uno de sus lados a la base medi-
da. Usando éste sistema nos queda un factor constante que llamaré X siendo el va-
lor de éste igual al lado conocido del triángulo por resolver dividido entre el
seno del ángulo opuesto al mismo lado conocido ó sea:

$$X = \frac{\text{lado } a}{\text{seno del ángulo opuesto}}$$

Los triángulos del sistema están colocados de tal manera que el lado a es el cono-
cido en cada uno de ellos.

Resolución del triángulo núm. 1

Ángulos del triángulo

(7) 29° 33' 07"

a' 74° 35' 16"

d 75° 51' 37"

$$\text{Factor X igual a } \frac{\text{lado } a}{\text{Sen. Ang. (7)}} = \frac{133.153 \text{ MTS.}}{\text{Sen. } 29^{\circ} 33' 07''}$$

El lado "a" es la base medida en el terreno:

$$\text{Log. X} = \frac{\text{Log. } 133.153}{\text{Log. Sen. } 29^{\circ} 33' 07''} = 2.124350 - 9.693034 \text{ Log. X} = 2.431316$$

Teniendo el valor de X los lados del triángulo se calculan como sigue:

$$\text{Lado } a = X \text{ Sen. Ángulo opuesto a "a"}$$

$$b = X \text{ Sen. Ángulo opuesto a "b"}$$

$$c = X \text{ Sen. Ángulo opuesto a "c"}$$

ó sea

$$\text{Log. lado } a = \text{Log. X} + \text{log. sen. del ángulo (7)}$$

$$\text{" " b} = \text{" X} + \text{" " " " " a'}$$

$$\text{" " c} = \text{" X} + \text{" " " " " d}$$

de donde

$$\text{Log. de } a = 2.431325 + \text{Log. (7)} \quad 9.693030 = 2.124351 = 133.153 \text{ mts.}$$

$$\text{log. b} = 2.431325 + \text{log. a'} \quad 9.984095 = 2.415416 = 260.265 \text{ mts.}$$

$$\text{log. c} = 2.431325 + \text{log. d} \quad 9.986639 = 2.417964 = 261.794 \text{ mts.}$$

Con lo que queda resulto el triángulo número 1 con sus lados con los valores si-

guientes:

a	133.153 mts.	medida de la base.	vértices 1-2
b	260.265 "		vértices 1-5
c	261.794 "		vértices 2-5

Este procedimiento empleado en el primer triángulo es el usado para todos los

$$\begin{aligned} \text{Log. de } X &= 2.562544 \\ &\underline{9.981935} \\ &2.580609 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 4.

$$\begin{aligned} \text{log. de } a &= \text{log. de } X + \text{log. de } f = 2.580609 + 9.981935 \\ \text{log. de } b &= \text{log. de } X + \text{log. (3)} = 2.580609 + 9.810979 \\ \text{log. de } c &= \text{log. de } X + \text{log. de } e = 2.580609 + 9.961024 \\ \text{log. de } a &= 2.562544 \quad 365.211 \text{ mts. Vértices 6-5} \\ \text{log. de } b &= 2.391598 \quad 246.370 \text{ mts. Vértices 6-7} \\ \text{log. de } c &= 2.541633 \quad 348.043 \text{ mts. Vértices 5-7} \end{aligned}$$

Resolución del triángulo núm. 5.

Ángulos.

$$\begin{aligned} X &30^\circ 16' 00'' \\ g &90^\circ 29' 37'' \\ n &59^\circ 14' 23'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lado conocido "a"} &= 246.370 \text{ mts.} \\ \text{Ángulo opuesto } X &= 30^\circ 16' 00'' \\ \text{Log. de } x &= \frac{\text{log. de } a}{\text{Log. sen. } 30^\circ 16' 00''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log. de } x &= 2.391598 \\ &\underline{9.702452} \\ &2.689136 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 5.

$$\begin{aligned} \text{Log. de } a &= 2.689136 + 9.702452 = 2.391598 \\ \text{Log. de } b &= 2.689136 + 9.999984 = 2.689120 \\ \text{Log. de } c &= 2.689136 + 9.934151 = 2.623287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lado } a &= 246.370 \text{ mts. Vértices 6-7} \\ " \quad b &= 488.788 \quad " \quad \text{Vértices 6-10} \\ " \quad c &= 420.036 \quad " \quad \text{Vértices 7-10} \end{aligned}$$

Resolución del triángulo núm. 6.

Ángulos.

$$\begin{aligned} \angle &66^\circ 54' 34'' \\ h &43^\circ 50' 47'' \\ a &69^\circ 14' 39'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lado conocido "a"} &= 420.036 \\ \text{Ángulo opuesto } &= 66^\circ 54' 34'' \\ \text{Log. de } x &= \frac{\text{log. de } a}{\text{Log. sen. } 66^\circ 54' 34''} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log. de } X &= 2.623287 \\ &\underline{2.243724} \\ &2.689553 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 6.

$$\begin{aligned} \text{Log. de } a &= 2.689553 + 9.963734 = 2.653287 \\ \text{log. de } b &= 2.689553 + 9.840568 = 2.500115 \\ \text{log. de } c &= 2.689553 + 9.970858 = 2.660411 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} a &= 420.036 \text{ mts. Vértices 7-10} \\ b &= 316.311 \text{ mts. Vértices 9-10} \\ c &= 426.983 \text{ mts. Vértices 9-7} \end{aligned}$$

Resolución del triángulo núm. 7

Ángulos.

$$\begin{aligned} s &47^\circ 42' 35'' \\ i &100^\circ 14' 57'' \\ \Delta + \gamma &32^\circ 02' 28'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lado conocido "a"} &= 426.983 \\ \text{ángulo opuesto } s &= 47^\circ 42' 35'' \\ \text{Log. de } X &= \frac{\text{log. de } a}{\text{log. sen. } s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log. de X &= 2.630411 \\ &\underline{9.869082} \\ &2.761329 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 7.

$$\begin{aligned} \log. de a &= 2.761329 + 9.869082 = 2.630411 \\ \log. de b &= 2.761329 + 9.993014 = 2.754343 \\ \log. de c &= 2.761329 + 9.724708 = 2.486037 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} a &= 426.983 \text{ mts. Vértices 9-7} \\ b &= 567.992 \text{ mts. Vértices 9-8} \\ c &= 306.222 \text{ mts. Vértices 7-8} \end{aligned}$$

Resolución del triángulo núm. 8

Angulos.

$$\begin{aligned} (4)+(5) & 56^\circ 35' 36'' \\ k & 51^\circ 49' 20'' \\ r & 71^\circ 35' 04'' \end{aligned}$$

Lado conocido "a" = 306.222 mts.
 Angulo opuesto (4)+(5) = $56^\circ 35' 36''$
 $\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. sen. (4)+(5)}$
 $\log. sen. (4)+(5) 56^\circ 35' 36''$

$$\begin{aligned} \log. de X &= 2.486037 \\ &\underline{9.921576} \\ &2.564461 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 8.

$$\begin{aligned} \log. de a &= 2.564461 + 9.921576 = 2.486037 \\ \log. de b &= 2.564461 + 9.895474 = 2.459935 \\ \log. de c &= 2.564461 + 9.977170 = 2.541631 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} a &= 306.22 \text{ mts. Vértices 7-8} \\ b &= 288.360 \text{ mts. Vértices 8-5} \\ c &= 348.042 \text{ mts. vértices 5-7} \end{aligned}$$

Resolución del triángulo núm. 9

Angulos.

$$\begin{aligned} b' & 39^\circ 06' 03'' \\ a & 34^\circ 55' 52'' \\ (6) & 105^\circ 58' 05'' \end{aligned}$$

Lado conocido "a" = 288.360 mts.
 Angulo opuesto b' = $39^\circ 06' 03''$
 $\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. Sen. 39^\circ 06' 03''}$

$$\begin{aligned} \log. de X &= 2.459935 \\ &\underline{9.799814} \\ &2.660121 \end{aligned}$$

Lados del triángulo núm. 9

$$\begin{aligned} \log. de a &= 2.660121 + 9.799814 = 2.459935 \\ \log. de b &= 2.660121 + 9.757845 = 2.417966 \\ \log. de c &= 2.660121 + 9.982911 = 2.643032 \end{aligned}$$

de donde

$$\begin{aligned} a &= 288.360 \text{ mts. Vértices 5-8} \\ b &= 261.798 \text{ mts. Vértices 5-2} \\ c &= 439.574 \text{ mts. vértices 8-2} \end{aligned}$$

Resolución del Triángulo núm. 10.

Angulos.

$$\begin{aligned} d & 75^\circ 51' 37'' \\ a' & 74^\circ 35' 16'' \\ (7) & 29^\circ 33' 07'' \end{aligned}$$

igual al núm. 1
 Lado conocido "a" = 261.798
 Angulo opuesto d = $75^\circ 51' 37''$
 $\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. Sen. 75^\circ 51' 37''}$

$$\text{Log. X} = 2.417966 - 9.986639 = 2.431327$$

$$\text{Log. X} = 2.431327$$

Lados del triángulo.

$$\text{Log. de a} = 2.431327 + 9.986639 = 2.417966$$

$$\text{" " b} = 2.431327 + 9.984095 = 2.415422$$

$$\text{" " c} = 2.431327 + 9.698030 = 2.124357$$

$$\text{lado a} = 261.798 \text{ mts. Vértices } 5-2$$

$$\text{" b} = 260.268 \text{ " " } 5-1$$

$$\text{" c} = 133.154 \text{ " " } 2-1 \text{ (Base)}$$

Resolución del Triángulo número 11. (Igual al N.º 9)

Ángulos.

$$a = 34^{\circ} 55' 52''$$

$$b = 39^{\circ} 06' 03''$$

$$(6) 105^{\circ} 58' 05''$$

$$\text{Lado conocido "a"} = 261.798 \text{ Mts.}$$

$$\text{Ángulo opuesto a} = 34^{\circ} 55' 52''$$

$$\text{Log. de X} = \frac{\text{Log. de a}}{\text{log. sen. a}}$$

$$\text{log. sen. a} = 34^{\circ} 55' 52''$$

$$\text{Log. X} = 2.417986$$

$$\underline{2.757285}$$

$$2.660121$$

Lados del Triángulo n.º 11

$$\text{Log. de a} = 2.660121 + 9.757845 = 2.417966$$

$$\text{" " b} = 2.660121 + 9.799814 = 2.459929$$

$$\text{" " c} = 2.660121 + 9.982911 = 2.643032$$

de donde

$$a = 261.798 \text{ mts. Vértices } 5-2$$

$$b = 288.356 \text{ " " } 5-3$$

$$c = 439.574 \text{ " " } 2-3$$

Resolución del Triángulo número 12 (Igual al N.º 8)

Ángulos

$$k = 51^{\circ} 49' 20''$$

$$r = 71^{\circ} 35' 04''$$

$$(4)+(5) 56^{\circ} 35' 36''$$

$$\text{Lado conocido "a"} = 288.356 \text{ mts.}$$

$$\text{Ángulo opuesto k} = 51^{\circ} 49' 20''$$

$$\text{Log. de X} = \frac{\text{log. de a}}{\text{log. sen k}}$$

$$\text{log. sen k} = 51^{\circ} 49' 20''$$

$$\text{Log. X} = 2.459929$$

$$\underline{2.895474}$$

$$2.564455$$

Lados del triángulo n.º 12

$$\text{Log. de a} = 2.564455 + 9.895474 = 2.459929$$

$$\text{" " b} = 2.564455 + 9.977170 = 2.541625$$

$$\text{" " c} = 2.564455 + 9.921576 = 2.486031$$

de donde

$$a = 288.356 \text{ mts. Vértices } 5-3$$

$$b = 348.037 \text{ " " } 5-7$$

$$c = 306.218 \text{ " " } 8-7$$

Resolución del Triángulo número 13 (Igual al n.º 7)

Ángulos

$$A + \gamma = 32^{\circ} 02' 28''$$

$$a = 47^{\circ} 42' 35''$$

$$i = 100^{\circ} 14' 57''$$

$$\text{Lado conocido "a"} = 306.218 \text{ mts.}$$

$$\text{Ángulo opuesto } A + \gamma = 32^{\circ} 02' 28''$$

$$\text{Log. de X} = \frac{\text{log. de a}}{\text{log. sen.}}$$

$$\text{log. sen.} = 32^{\circ} 02' 28''$$

Log. X = 2.486031

9.724709

2.761322

Lados del triángulo núm. 13.

Log. de a = 2.761322 + 9.724709 = 2.486031

" " b = 2.761322 + 9.869082 = 2.630404

" " c = 2.761322 + 9.993014 = 2.754336

de donde

a = 306.218 mts. vértices 8-7

b = 426.976 " " 7-9

c = 567.984 " " 8-9

Resolución del Triángulo núm. 14 (igual al no. 6)

Ángulos.

z = 69° 14' 39"

x = 66° 54' 34"

h = 43° 50' 47"

Lado conocido "a" = 426.976 mts.

Ángulo opuesto z = 69° 14' 39"

Log. de X = log. de a

Log. sen. z 69° 14' 39"

Log. X = 2.630404

9.970857

2.659547

Lados del triángulo núm. 14

Log. de a = 2.659547 + 9.970857 = 2.630404

" " b = 2.659547 + 9.963734 = 2.623291

" " c = 2.659547 + 9.840568 = 2.500115

de donde

a = 426.976 mts. vértices 7-9

b = 420.031 " " 7-10

c = 316.307 " " 9-10

Resolución del Triángulo núm. 15 (igual al no. 5)

Ángulos.

n = 59° 14' 23"

x = 30° 16' 00"

g = 90° 29' 37"

Lado conocido "a" = 420.031 mts.

Ángulo opuesto n = 59° 14' 23"

Log. de X = log. de a

Log. sen. n 59° 14' 23"

Log. de X = 2.623291

9.934151

2.659130

Lados del triángulo núm. 15

log. de a = 2.659130 + 9.934151 = 2.623291

" " b = 2.659130 + 9.702452 = 2.391582

" " c = 2.659130 + 9.899984 = 2.659114

de donde

a = 420.031 mts. vértices 7-10

b = 246.367 " " 7-6

c = 486.781 " " 10-6

Resolución del triángulo núm. 16 (igual al no. 4)

Ángulos.

(3) 40° 19' 28"

o 66° 05' 13"

f 73° 35' 19"

Lado conocido "a" = 246.367 mts.

Ángulo opuesto (3) = 40° 19' 28"

Log. de X = log. de a

Log. sen (3) 40° 19' 28"

Log. de X = 2.391582

9.810979

2.580603

Lados del triángulo núm. 16

$$\log. de a = 2.580603 + 9.810979 = 2.391582$$

$$" \quad b = 2.580603 + 9.961024 = 2.541627$$

$$" \quad c = 2.580603 + 9.981935 = 2.562538$$

de donde

$$a = 246.367 \text{ mts. vértices } 7-6$$

$$b = 348.038 \quad " \quad " \quad 7-5$$

$$c = 365.206 \quad " \quad " \quad 6-5$$

Resolución del triángulo núm. 17 (igual al núm. 3)

Angulos

$$III \quad 63^{\circ} 33' 00''$$

$$p \quad 29^{\circ} 14' 36''$$

$$(2) \quad 87^{\circ} 12' 34''$$

$$\text{Lado conocido "a" = } 365.206 \text{ mts.}$$

$$\text{Angulo opuesto III} = 63^{\circ} 33' 00''$$

$$\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. sen. III}$$

$$\log. sen. III \quad 63^{\circ} 33' 00''$$

$$\log. de X = 2.562538$$

$$\underline{9.951980}$$

$$2.610558$$

Lados del triángulo núm. 17.

$$\log. de a = 2.610558 + 9.951980 = 2.562538$$

$$" \quad b = 2.610558 + 9.688882 = 2.999440$$

$$" \quad c = 2.610558 + 9.999483 = 2.610041$$

de donde

$$a = 365.206 \text{ mts. vértices } 5-6$$

$$b = 199.269 \quad " \quad " \quad 5-4$$

$$c = 407.419 \quad " \quad " \quad 6-4$$

Resolución del triángulo núm. 18 (igual al núm. 2)

Angulos

$$c \quad 49^{\circ} 57' 49''$$

$$IV \quad 89^{\circ} 40' 52''$$

$$(1)+(8) \quad 40^{\circ} 21' 19''$$

$$\text{Lado conocido "a" = } 199.269 \text{ mts.}$$

$$\text{Angulo opuesto c} = 49^{\circ} 57' 49''$$

$$\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. sen. c}$$

$$\log. sen. c \quad 49^{\circ} 57' 49''$$

$$\log. de X = 2.999440$$

$$\underline{9.884022}$$

$$2.415418$$

Lados del triángulo núm. 18

$$\log. de a = 2.415418 + 9.884022 = 2.999440$$

$$" \quad b = 2.415418 + 9.999993 = 2.415411$$

$$" \quad c = 2.415418 + 9.811256 = 2.226674$$

de donde

$$a = 199.269 \text{ mts. vértices } 5-4$$

$$b = 260.262 \quad " \quad " \quad 5-1$$

$$c = 168.529 \quad " \quad " \quad 4-1$$

Triángulo número 19 (igual al núm. 1) (Resolución)

$$\text{Angulos } a' \quad 74^{\circ} 35' 16''$$

$$(7) \quad 29^{\circ} 33' 07''$$

$$d \quad 75^{\circ} 51' 37''$$

$$\text{Lado conocido "a" = } 260.262 \text{ mts.}$$

$$\text{Angulo opuesto a' = } 74^{\circ} 35' 16''$$

$$\log. de X = \frac{\log. de a}{\log. sen. a'}$$

$$\log. sen. a' \quad 74^{\circ} 35' 16''$$

$$\log. de X = 2.415411$$

$$\underline{9.984025}$$

$$2.431516$$

Lados del triángulo n.º 19.

$$\text{Log. de } a = 2.451316 + 9.984095 = 2.415411$$

$$\text{" " } b = 2.451316 + 9.693030 = 2.124346$$

$$\text{" " } c = 2.451316 + 9.986639 = 2.417955$$

de donde

$$a = 260.262 \text{ mts. vértices } 1-5$$

$$b = 135.152 \text{ " " } 1-3 \text{ (Base)}$$

$$c = 261.790 \text{ " " } 5-2$$

Resolución del Triángulo número 20

Ángulos.

$$D+E = 25^{\circ} 44' 28''$$

$$I = 70^{\circ} 17' 14''$$

$$b = 85^{\circ} 56' 18''$$

$$\text{Lado conocido "a" = } 168.530 \text{ mts.}$$

$$\text{Ángulo opuesto D+E = } 25^{\circ} 44' 28''$$

$$\text{Log. de X = } \frac{\text{log. de a}}{\text{Log. Sen. D+E } 25^{\circ} 44' 28''}$$

$$\text{Log. Sen. D+E } 25^{\circ} 44' 28''$$

$$\text{Log. X = } \frac{2.226679}{9.637795}$$

$$2.588884$$

$$2.588884$$

Lados del triángulo n.º 20

$$\text{log. de } a = 2.588884 + 9.637795 = 2.226679$$

$$\text{" " } b = 2.588884 + 9.973772 = 2.562656$$

$$\text{" " } c = 2.588884 + 9.997592 = 2.586476$$

de donde

$$a = 168.530 \text{ mts. vértices } 1-4$$

$$b = 365.305 \text{ " " } 1-3$$

$$c = 385.901 \text{ " " } 4-3$$

Resolución del triángulo número 21.

Ángulos.

$$I = 21^{\circ} 08' 20''$$

$$II = 136^{\circ} 28' 54''$$

$$C = 22^{\circ} 22' 46''$$

$$\text{Lado conocido "a" = } 385.901 \text{ mts.}$$

$$\text{ángulo opuesto I = } 21^{\circ} 08' 20''$$

$$\text{Log. de X = } \frac{\text{log. de a}}{\text{Log. Sen. I } 21^{\circ} 08' 20''}$$

$$\text{Log. Sen. I } 21^{\circ} 08' 20''$$

$$\text{Log. X = } \frac{2.586476}{9.557062}$$

$$3.029414$$

$$3.029414$$

Lados del triángulo n.º 21

$$\text{Log. de } a = 3.029414 + 9.557062 = 2.586476$$

$$\text{" " } b = 3.029414 + 9.837960 = 2.867374$$

$$\text{" " } c = 3.029414 + 9.580632 = 2.610046$$

de donde

$$a = 385.901 \text{ mts. vértices } 4-3$$

$$b = 736.842 \text{ " " } 6-3$$

$$c = 407.424 \text{ " " } 6-4$$

Con la resolución de éste triángulo quedan resueltos todos los que forman parte del sistema.

Longitud de los lados del sistema de triangulación sacados de los cálculos de los triángulos del mismo sistema.

No. del Vértice	Matras.	Tomados del Triángulo No.
1 a 2	133.153	Triángulo No. 1
1 a 5	260.265	" 2
4 a 5	199.271	" 2
4 a 1	168.531	" 2
4 a 6	407.424	" 3
5 a 6	365.211	" 3
5 a 7	348.040	" 4 y #12 (promedio)
6 a 7	246.370	" 4
6 a 10	488.788	" 5
10 a 7	420.034	" 6 y #15 (Promedio)
10 a 9	316.307	" 6
9 a 7	426.976	" 7
9 a 8	567.984	" 7
7 a 8	306.218	" 8
7 a 5	348.040	" 8 y #16 (Promedio)
8 a 5	288.356	" 9
8 a 2	439.563	" 9
5 a 2	261.794	" 10
1 a 3	365.305	" 20
3 a 4	385.901	" 21
3 a 6	736.842	" 21

Cuadro que muestra los acimutes, rumbos y distancias de los lados del sistema de triangulación.

<u>Vértices.</u>	<u>Acimutes.</u>	<u>Rumbos.</u>	<u>Distancia.</u>	
1 a 2	238° 39' 56"	S 59° 39' 56" W	133.153	Mts.
1 1 a 3	28° 52' 12"	N 28° 52' 12" E	365.305	"
1 a 4	112° 50' 30"	S 67° 09' 30" E	169° 531	"
4 a 3	3° 07' 44"	N 3° 07' 44" E	385.901	"
4 a 6	139° 36' 37"	S 40° 23' 23" E	407.424	"
6 a 3	340° 44' 57"	N 19° 15' 03" E	736.842	"
4 a 5	203° 09' 38"	S 23° 09' 38" W	199.271	"
5 a 6	110° 22' 01"	S 69° 37' 59" E	365.211	"
5 a 7	150° 41' 28"	S 29° 18' 32" E	348.040	"
7 a 3	44° 16' 47"	N 44° 16' 47" E	246.370	"
7 a 10	134° 46' 25"	S 45° 13' 25" E	420.034	"
10 a 6	345° 02' 25"	N 14° 57' 35" W	498.788	"
7 a 9	178° 37' 12"	S 1° 22' 48" E	426.976	"
9 a 10	65° 31' 46"	N 65° 31' 46" E	316.307	"
7 a 8	278° 52' 18"	N 81° 07' 48" W	306.218	"
8 a 9	146° 34' 47"	S 33° 25' 13" E	567.984	"
7 a 5	330° 41' 28"	N 29° 18' 32" W	348.040	"
5 a 8	207° 17' 08"	S 27° 17' 08" W	288.356	"
5 a 2	313° 15' 13"	N 46° 44' 47" W	261.794	"
2 a 8	172° 21' 16"	S 7° 38' 44" E	439.568	"
5 a 1	342° 48' 19"	N 17° 11' 41" W	260.265	"

Triangulación de la Región de "C. Arroyo" y "Ancoras"

C. del Oro, Zacatecas.

Vértices	Rumbos Astronómicos	Distancias	Proporciones				X	Y
			N +	S -	E +	W -		
1-3	N 28° 52' 12" E	365.305 M.	+319.891		+176.371		+2176.371	+2319.891
3-4	S 30° 07' 44" W	385.901		-385.321		-21.063	+2155.308	+1934.570
4-5	S 23° 09' 38" W	199.271		-183.211		-78.375	+2076.933	+1751.359
5-6	S 69° 37' 59" E	365.211		-127.105	+342.379		+2419.312	+1624.254
6-7	S 44° 16' 47" W	246.370		-176.386		-172.006	+2247.306	+1447.860
7-10	S 45° 13' 35" E	420.034		-295.833	+298.179		+2545.485	+1152.035
10-9	S 65° 31' 46" W	316.307		-131.023		-287.894	+2257.591	+1021.012
9-7	N 1° 22' 48" W	426.976	+426.853			-10.283	+2247.308	+1447.865
7-8	N 81° 07' 48" W	306.218	+47.217			-302.556	+1944.752	+1495.082
8-5	N 27° 17' 08" E	288.356	+256.271		+132.190		+2076.942	+1751.363
5-2	N 46° 44' 47" W	261.794	+179.389			-190.672	+1886.270	+1930.742
2-1	N 58° 39' 56" E	133.153	+69.254		+113.732		+2000.002	+1999.996
Sumas			1298.875	1298.879	1062.851	1062.849		
			Coordenadas de 1 origen				2000.000	2000.000

Cálculo de Coordenadas de los Vértices del Sistema"

Origen: Vértice #1 - Extremo Norte de la base

Trabajos de Gabinete.

Cálculo de azimutes y rumbos del sistema.

El cálculo de azimutes y rumbos se hizo usando el mismo sistema que cuando se hace al levantamiento de un perimetro por el método de ángulos internos puesto que en éste caso se conocen los ángulos internos de los triángulos que forman el sistema y se conoce además originalmente el azimut y rumbo del lado orientado que en éste caso fué la base del sistema. Por lo tanto no es necesario dar más detalles sobre el particular y por éso incluye únicamente la lista condensada de los azimutes y rumbos de las líneas de la triangulación.

Trabajos de Gabinete.

Cálculos de las coordenadas de los vértices del sistema.

Con los datos ya obtenidos que son los rumbos y distancias de las líneas el cálculo de las coordenadas de los vértices se hizo en la misma forma que se hace comunmente, por la misma razón no creo necesario dar muchos datos al respecto ya que el método es muy conocido por lo tanto únicamente adjunto el cuadro de los cálculos extractado. Con éste se dió fin a la fijación de los vértices del sistema ya que éste era el objeto buscado con el trabajo anterior, es decir la formación de un armazón ó esqueleto indefinible que adoleciera de pocos defectos ó errores y que se pudiera considerar como correcto para así mismo posteriormente ligar a los vértices del mismo por poligonales comunes las nejoneras de los fundos de la Compañía existentes en la región fijada.

P
I
N

oooooooooooooooooooooooooooo