

CONTROL GEOMETRICO DE EDIFICIOS PARA PUENTES GRUAS.
CONTROL GEOMETRICO DE PUENTES GRUAS.

Ing. Gfo. Carlos A. Duché

Ing. Gfo. Aldo O. Mangiaterra

INDICE

	Pág
Consideraciones iniciales	2
I- Control geométrico de edificios para puentes grúas	3
1- Descripción somera	3
2- Esquema del edificio	3
3- Criterio general	3
4- Control geométrico de rieles de rodadura	5
4-1 Control de alineación y trocha	5
4-2 Control de nivelación	11
5- Control de vigas	13
6- Control de columnas	14
6-1 Ubicación planimétrica	15
6-2 Control de verticalidad	15
6-3 Control de nivelación de bases	16
7- Consideraciones generales	16
8- Otras consideraciones	17
Trabajo 1: Control geométrico de rieles de rodadura	18
Trabajo 2: Control geométrico de rieles de rodadura	22
II- Control geométrico de puentes grúas	27
1- Conceptos generales	27
2- Estructura básica	27
3- Control de alineación, trocha, escuadría y desplazamiento lateral de ruedas	27
4- Control de verticalidad de ruedas	31
5- Control de vigas	32
6- Equipo	33
Trabajo 3: Control de alineación, trocha, avance y desplazamiento lateral de ruedas	36
Trabajo 4: Control de alineación, trocha, avance y desplazamiento lateral de ruedas	39
Cuadro de tolerancias	42
Bibliografía	44

Consideraciones iniciales.

Este trabajo es el resultado de años de experiencia aplicada en numerosos puentes grúas con sus respectivos edificios, incluidas muy diversas variantes.

Sabemos que trabajos de igual o similares características son realizados por diversos profesionales (o en muchos casos por idóneos) tanto en la fabricación como en el montaje y mantenimiento de puentes grúas.

Por tanto no se trata de algunos casos aislados, sino de un requerimiento de la industria.

Sin embargo, por lo que sabemos, tales trabajos no han sido objeto de una sistematización y análisis adecuados.

Este trabajo pretende cubrir, al menos en parte, ese vacío.

Pero en realidad pretende plantear una cuestión que va más allá.

En los casos que son necesarias determinaciones geométricas que: a) abarcan espacios significativos (pongamos por caso mayores de tres metros); b) deben realizarse "in situ" y c) respetar tolerancias de cierta exigencia; en tales casos generalmente las posibilidades de la metrología mecánica y de métodos tradicionales de medición resultan insuficientes.

En tales condiciones se suele apelar, aunque no siempre, al agrimensor, a sus conocimientos, a sus instrumentos.

El caso que hemos desarrollado se refiere a los puentes grúas y las estructuras sobre las que funcionan, pero por simple analogía no es difícil imaginar un extenso campo que, afirmamos nosotros, es posible y deseable abrir al desarrollo de nuestra profesión.

Tentativamente podríamos definirlo como el de los métodos e instrumentos topográficos y geodésicos aplicados a las determinaciones geométricas en la industria y en la construcción.

Ese campo proponemos cultivar, no sólo en el plano experimental, sino también en el de la investigación y el análisis científico.

I- Control geométrico de edificios para puentes grúas

1.- Descripción somera.

El trabajo consiste en establecer, con la "adecuada exactitud", el estado (en el aspecto geométrico) de una estructura metálica típica para el funcionamiento de puentes grúas en la industria. El ejemplo más común es el de la industria siderúrgica.

Tal conocimiento puede ser necesario para detectar fallas o deformaciones que producen inconvenientes en el funcionamiento de los puentes grúas, facilitando su reparación.

También se lo requiere para el llamado mantenimiento "preventivo", es decir detectar su comportamiento geométrico antes que las fallas o deformaciones sean graves.

La "adecuada exactitud" depende de las tolerancias.

Lo que corresponde es guiarse por las que estableció oportunamente quien proyectó la estructura, o las que proporciona quien solicita el trabajo.

Desgraciadamente, no hay a este respecto normas precisas.

Es mas, en muchos casos se carece totalmente de información adecuada. Razón por la cual (entre otras) no se le otorga la importancia debida al tema.

No es nuestra función establecer las tolerancias a que debe someterse la estructura.

Cuando proporcionamos datos es sólo a título ilustrativo con el fin de establecer un punto de partida para lograr la "adecuada exactitud".

2.- Esquema del edificio o estructura.

Ver gráfico 1.

3.- Criterio general.

Pretendemos desarrollar un criterio adaptable a cada caso.

Por el contrario, un método operativo estricto termina siendo inaplicable por su rigidez.

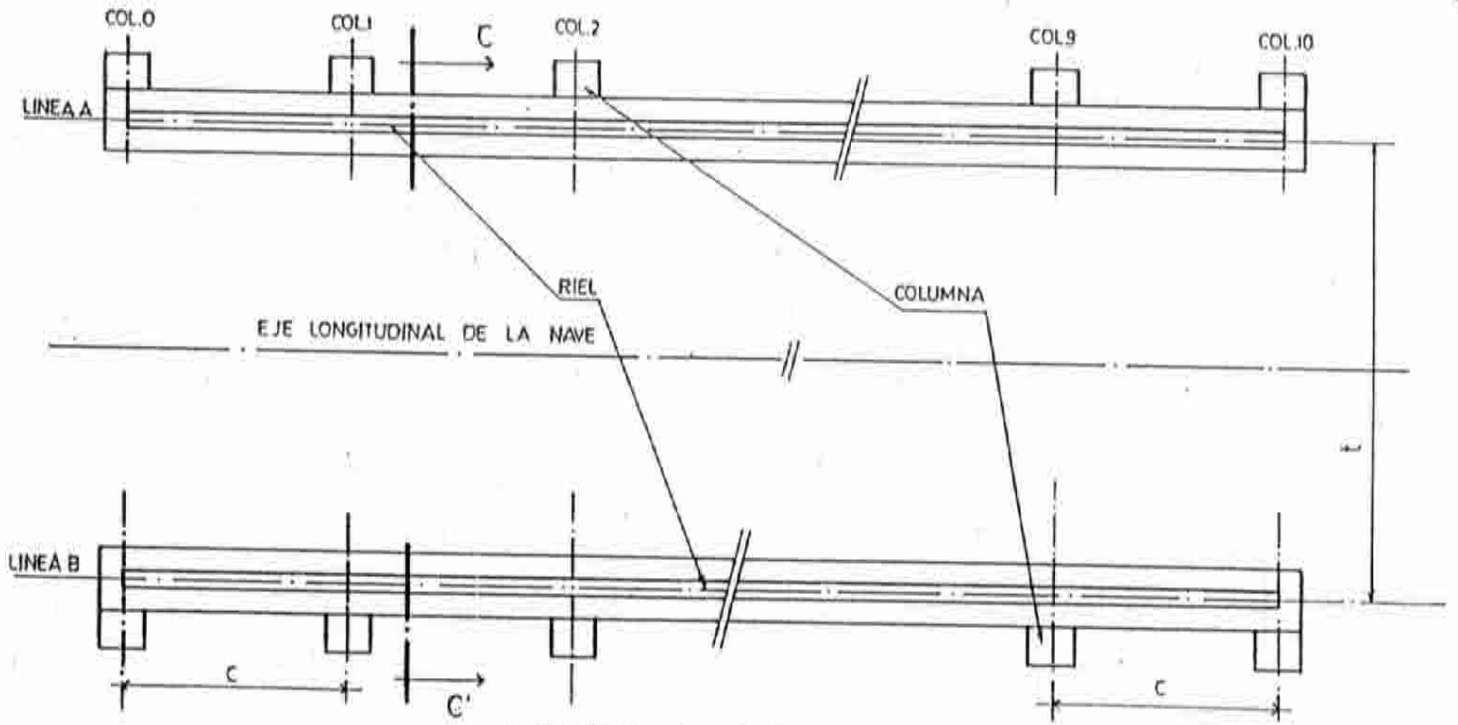
A tal efecto imaginamos una situación ideal consistente en una "nave" de 100 m de largo en la cual t teórica (distancia entre los ejes de riel que llamaremos trocha) mide 25 m y c (distancia entre ejes de columnas) es de 10 m.

De lo que se trata es de establecer un sistema (planialtimétrico) al cual referir todos los puntos de la estructura que interesen, obteniendo así un relevamiento completo.

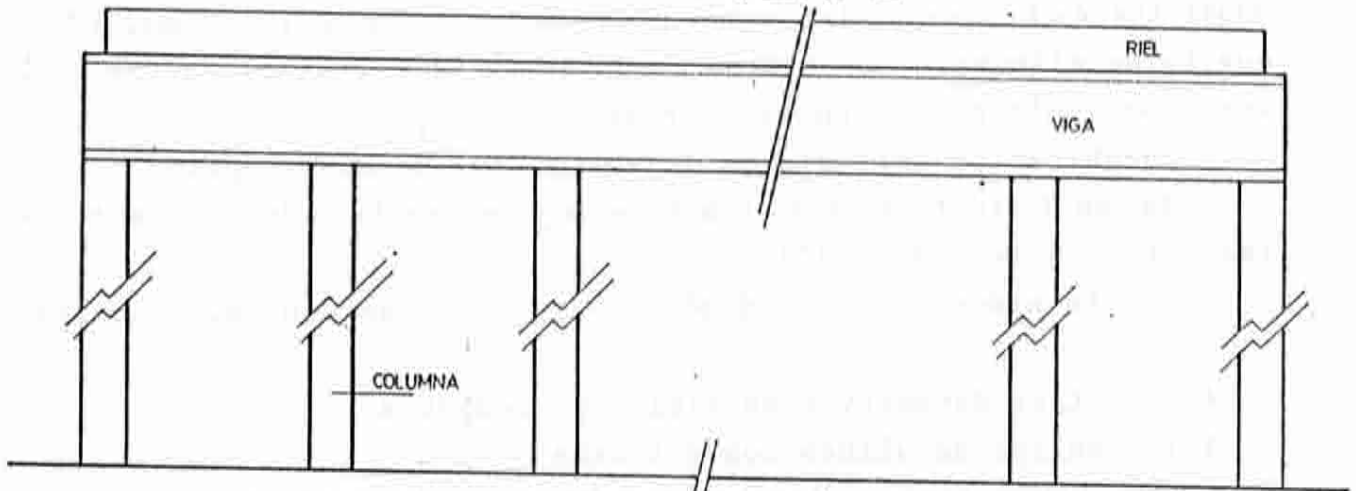
La altimetría no es problema. Basta elegir un plano de comparación y vincular todos los puntos al mismo.

En planimetría nos apoyaremos en un rectángulo del siguiente tipo:

PLANTA



VISTA LATERAL



CORTE CC'

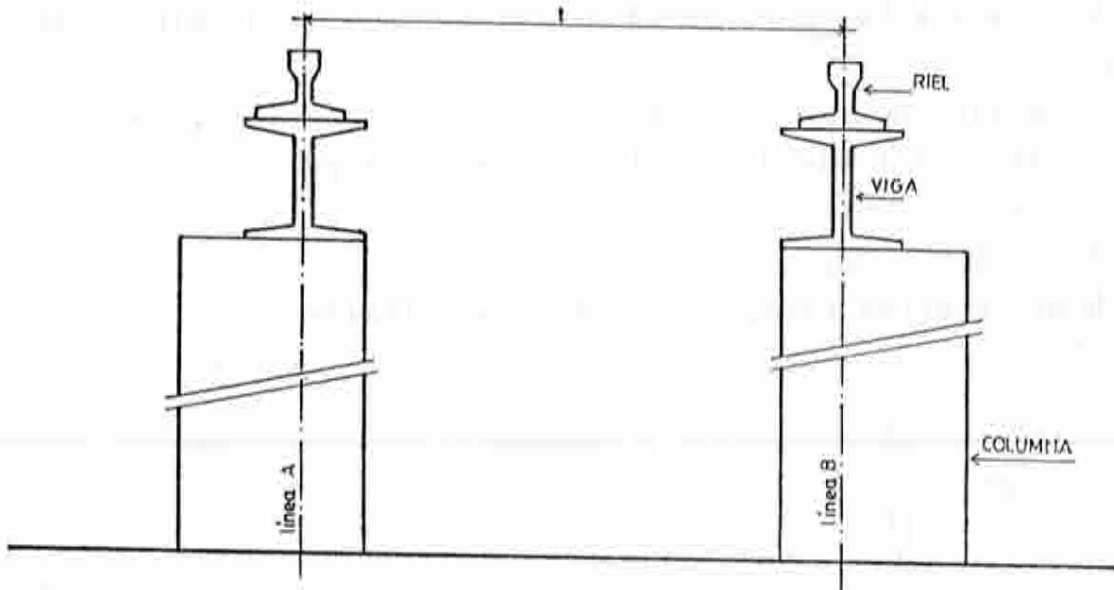
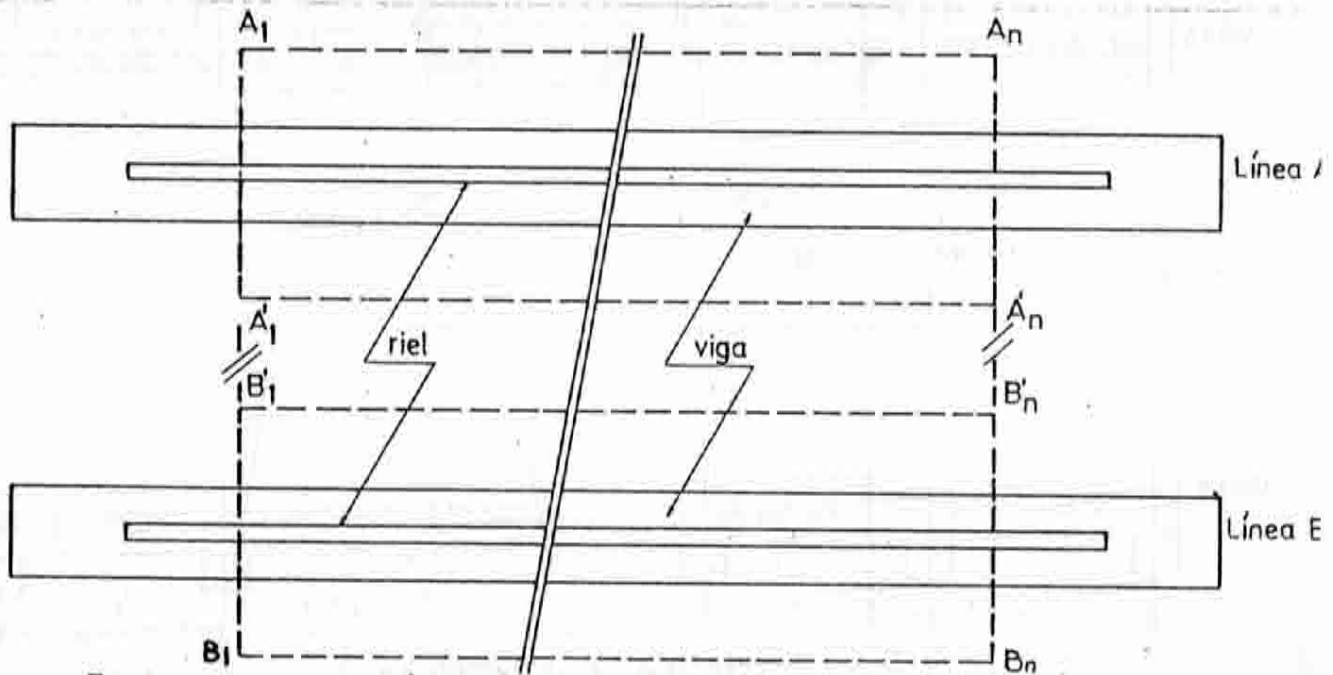


GRAFICO 1

$A_1 A_n B_n B_1$ o bien $A'_1 A'_n B'_n B'_1$



Empezaremos por el control geométrico de los rieles de rodadura, que constituyen el "camino" del puente grúa (la experiencia indica categóricamente que la desalineación de rieles y ruedas es el principal factor en el mal funcionamiento de los puentes-grúas).

Su ubicación correcta es lo que define un buen "camino".

Son en definitiva, los elementos de la estructura donde se materializan las deficiencias que pudieran existir.

Por la misma razón es donde las tolerancias son más ajustadas.

4.- Control geométrico de rieles de rodadura.

4-1. Control de alineación y trocha.

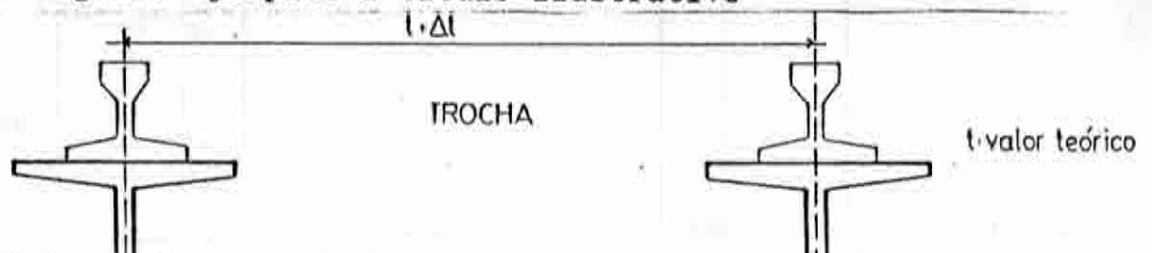
Como hemos visto, llamamos trocha a la distancia entre ejes de riel tomada según una perpendicular al eje longitudinal de la nave.

Queremos saber cual es el valor que tiene t en distintos puntos de la nave.

Llamamos control de alineación a la verificación de los apartamientos transversales del eje del riel respecto a su posición teórica, es decir respecto a una recta ideal.

4-1-a. Tolerancias.

Damos algunos ejemplos a título ilustrativo



Según Federación Europea del Mantenimiento.

a) en puente grúa con rodillo guía:

para $t \leq 15$ m $\Delta t: \pm 3$ mm

para $t > 15$ m $\Delta t: \pm [3 + 0,25(t-15)]$ mm; (t en metros)

si los desvíos sobrepasan en un 20% estos valores se debe proceder a la corrección.

b) en puente grúa sin rodillos esos valores se triplican salvo Δt máx.: ± 25 mm

Según Normas Aise Nº 13 (E.E.U.U.)

0,04% t

Según Normas DIN 4132 (Alemania)

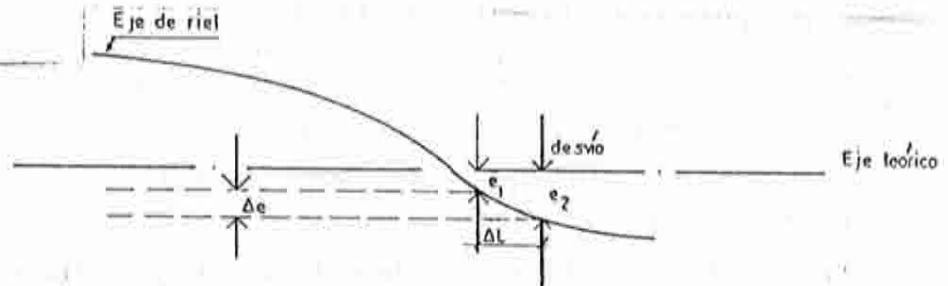
t \leq 15 m $\Delta t: \pm 5$ mm

t > 15 m $\Delta t: \pm [5 + 0,25(t-15)]$ mm; (t en metros)

Según Ya. Sundakov. (URSS). Trabajos geodésicos en la construcción de grandes obras industriales y altos edificios.

± 10 mm

ALINEACION



Llamamos desvío parcial a la relación: $\Delta e / \Delta l$

Según Federación Europea del Mantenimiento

desvío máximo: ± 10 mm

desvío parcial: 0,05% (si no se utilizan rodillos guías puede aumentar)

Según Normas Aise Nº 13

desvío máximo: ± 13 mm

desvío parcial: 0,04%

Según Normas DIN 4132.

desvío máximo ± 10 mm

desvío parcial: 0,05% (no se modifica con o sin rodillo guía)

4-1-b. Método de control

En primer lugar hay que determinar los puntos en que controlaremos el riel. La elección de los mismos o (lo que es lo mismo) del intervalo que los separa dependerá de diversas cuestiones (precisión del trabajo, tiempo disponible, características de la estructura, normas del proyecto, etc.)

Si llamamos d la distancia entre puntos contiguos podemos señalar como criterio $2m \leq d \leq 10m$.

En nuestro ejemplo suponemos $d=5m$, o sea un punto se corresponde con la posición del eje de columna y el siguiente con el punto intermedio entre

columnas.

La precisión con que se mide d carece de importancia. Es mas que suficiente medir al centímetro con un cinta común.

Si contamos con un sistema de referencia preexistente (por ejemplo $A_1 A_n B_n B_1$) nos guiamos por él, estacionando el teodolito en A_1 y visar A_n .

Pero lo "normal" es que tal sistema no exista. Debemos entonces crearlo. Si es posible trabajamos desde el suelo, estacionando el teodolito sobre el piso de la nave. Tal posibilidad depende de diversos factores (altura del edificio, obstáculos existentes, etc.).

Caso contrario habrá que estacionar sobre la misma estructura, eligiendo cuidadosamente lugares estables de la misma.

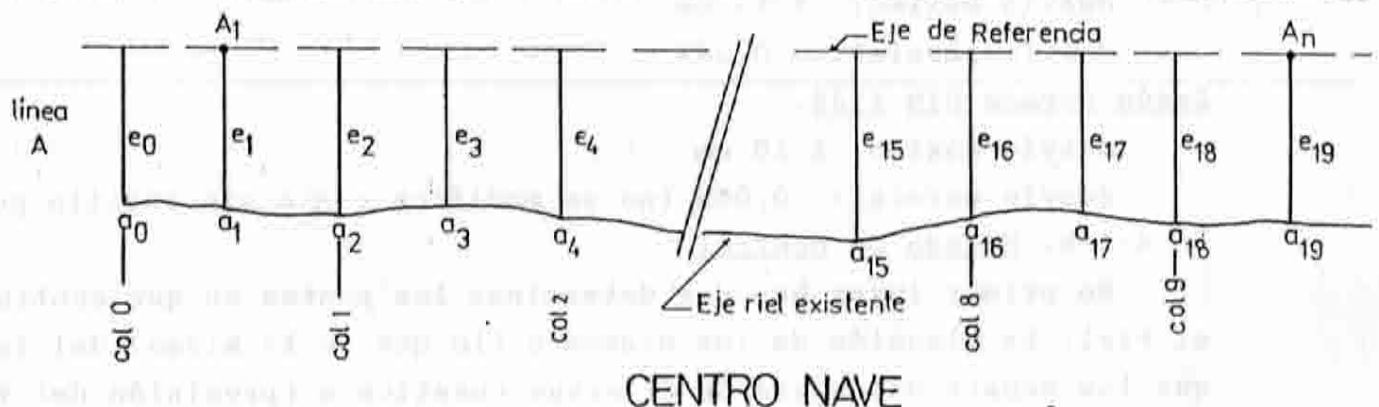
Se traza una visual aproximadamente paralela a uno de los rieles por ejemplo el A. Para ello se estaciona el teodolito y se orienta el anteojo tentativamente. En forma expeditiva se toma la distancia desde el plano vertical que contiene el eje de colimación, hasta el eje del riel, en varios puntos considerablemente alejados entre sí.

En base a estos datos se corrige la orientación del anteojo hasta lograr una visual aproximadamente paralela al riel (éste nunca es totalmente rectilíneo).

Definido así el eje de referencia adoptado se señalan convenientemente puntos que lo materialicen, o sea A_1 y A_n (se pueden agregar otros).

A continuación se toman las distancias entre el plano de colimación y el eje del riel en cada uno de los puntos previamente seleccionados para el control.

Se obtendrá un gráfico del siguiente tipo:



Establecemos como convención:

$e > 0$ si $A_1 A_n$ es exterior a la nave

$e < 0$ (caso $A'_1 A'_n$) si es interior a la nave

Para relevar el otro riel trazamos una visual paralela a la anterior cercana a la línea B.

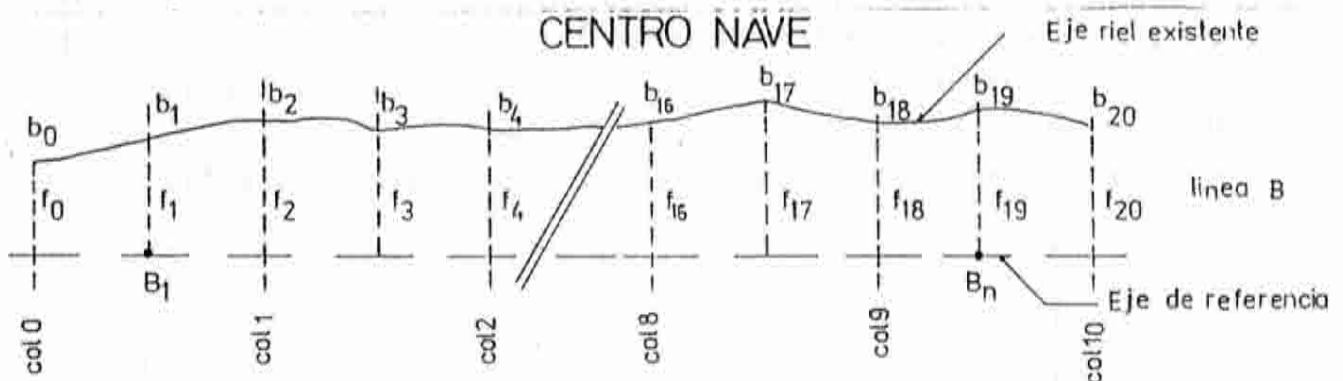
definitiva, la cinta resulta más práctica y obviamente más barata.

Entiéndase que estamos hablando de los casos comunes de puentes grúas cuya trocha es no mayor de 30 ó 35 m. Otras consideraciones merecen grúas especiales con trochas de hasta 100 m y más.

En caso que para trazar la paralela se utilice solamente el replanteo de ángulos, debe tenerse especial cuidado en cerrar el rectángulo. Téngase en cuenta que si, por ejemplo, la nave mide 120 m de longitud y tiene 15 m de trocha, estaríamos replanteando un lado largo en base a uno corto en proporción 1 a 8, lo que es totalmente desaconsejable.

No obstante puede ser un método útil en relevamientos expeditivos.

Una vez materializadas las señales que identifican $B_1 B_n$, se repite lo hecho en la línea A, es decir se toman las distancias desde el plano de colimación al eje del riel en cada punto previsto, obteniéndose un gráfico del tipo:



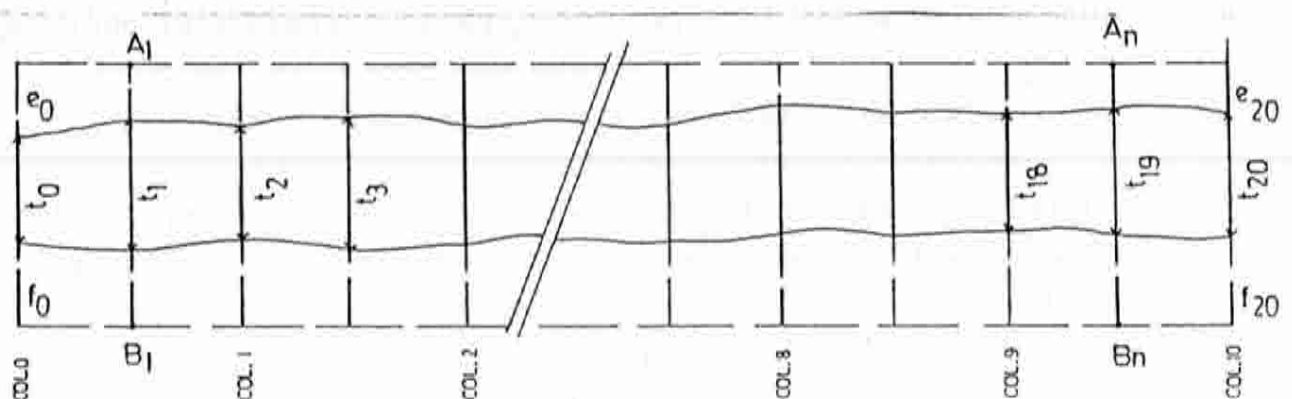
Cuando la longitud de la nave excede cierta distancia (~ 120 m) puede ser insuficiente la utilización de dos estaciones de teodolito por línea (A_1 y A_n línea A; B_1 y B_n línea B), porque estarían demasiado alejadas entre sí.

Por tanto la cantidad de estaciones necesarias depende de la longitud de la nave amén de otros factores.

Una vez obtenidos los datos en ambas líneas se vuelcan a un gráfico único.

Es conveniente apelar a escalas adecuadas, que magnifiquen las deformaciones, por ejemplo E longitudinal 1:500; E transversal 1:1.

Allí se puede calcular la trocha y establecer su apartamiento de la tolerancia correspondiente. Lo mismo respecto a la alineación del riel.



Lo conveniente es levantar perpendiculares en A_1 y A_n y replantear B_1 y B_n tales que $A_1B_1 = A_nB_n$.

Si la medición es directa, la hacemos con cinta de acero milimetrada contrastada.

La usamos apoyada, tensándola con dinamómetro y midiendo la temperatura de la cinta con termómetro apropiado. Posteriormente, se efectuarán las correcciones para saber el valor de $A_1B_1 = A_nB_n$.

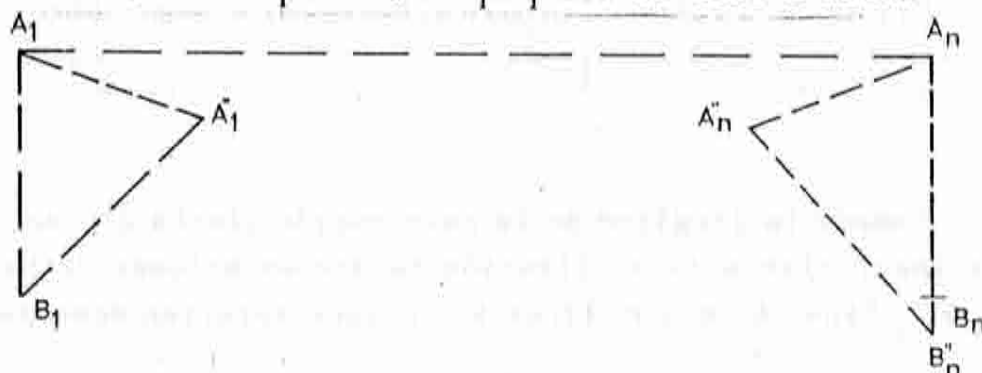
Se desaconseja en general el uso de la cinta suspendida, dado que en estos edificios, máxime trabajando en altura, suelen existir corrientes de aire intensas e irregulares que introducen un factor totalmente imprevisible eliminando toda seguridad en la medición.

No obstante, si las condiciones son adecuadas puede apelarse a este método (posteriormente se hará la corrección por flechamiento).

En caso de relevamientos expeditivos, a los fines de detectar defectos graves puede medirse directamente la trocha con cinta suspendida.

Cuando la medición deba ser indirecta podemos apelar a un triángulo del siguiente modo:

Defino un punto A''_1 tal que $A_1A''_1$ sea la base a medir



Sobre la perpendicular levantada en A_1 elegimos arbitrariamente E y mediante el triángulo $A_1A''_1B_1$ obtenemos A_1B_1 .

Debe cuidarse que la base $A_1A''_1$ sea tal que en lo posible $B_1 > 250$ medir los tres ángulos o en todo caso los ángulos en A_1 y B_1 de modo de evitar guiarse por la intersección en B_1 , obviamente más peligrosa.

En el otro extremo, y sobre la perpendicular levantada en A_n fijamos arbitrariamente B''_n y obtenemos $A_nB''_n$ por el mismo método.

Calculamos la diferencia $A_nB''_n - A_1B_1 = B''_nB_n$ y tenemos cuánto hay que desplazarse sobre la normal en A_n para determinar el punto B_n tal que $A_1B_1 = A_nB_n$.

Otra posibilidad es el uso de estadía invar.

En cuanto a distanciómetros no son aconsejables si se trata de distancias cortas. Por una parte trabajan con error no inferior a los 3 ó 5 mm (con excepción de aparatos especiales, voluminosos y caros). Por otro lado las condiciones ambientales son generalmente enrarecidas y por último y en

Con tales datos el relevamiento está efectuado y puede ser entregado para su estudio.

También se puede avanzar y entregar un informe más elaborado.

Se trata de estudiar la posibilidad de girar el sistema de referencia (A_1, A_n, B_n, B_1) de modo tal de reducir al mínimo posible los casos fuera de tolerancia.

Se puede apelar a método analítico o gráfico.

Para llevarlo a cabo no hay mejor aprendizaje que la práctica.

La realidad es más rica y compleja de lo que este trabajo puede reflejar y es conveniente estudiar el criterio a aplicar en cada caso particular.

Puede suceder, por ejemplo, que por alguna causa sea conveniente reducir los casos fuera de tolerancia al mínimo posible en uno de los rieles en particular, aunque ello implique aumentarlos en el otro. En ese caso el giro del sistema debe responder a dicho objetivo.

Por otra parte, a causa de obstáculos puede ser necesario apelar a un polígono irregular, en vez de un rectángulo, como sistema de referencia.

Lo importante es saber adaptarse, con criterio y creatividad, a las condiciones y al caso específico.

4-1-c Equipo.

Consideramos

- a) medición ángulos.
- b) medición longitudes.
- c) elementos accesorios.

a) Medición ángulos.

El instrumental mínimo es un teodolito, de lectura horizontal con

$$1'' \leq A \leq 10'' \quad (A = \text{apreciación})$$

Si $A > 10''$ ya no responde a los requerimientos, por ejemplo replantear a 30 m con precisión del mm.

Por el contrario $A < 1''$ es por una parte innecesario y por otra es probable que la alta precisión resulte inconveniente para trabajar en las inadecuadas condiciones existentes en la mayoría de los casos. Debe tenerse en cuenta que cuando se estaciona sobre la misma estructura metálica, ella puede estar vibrando permanentemente, incluso estar sujeta a oscilaciones circunstanciales.

Además es necesario que el teodolito esté provisto de plomada óptica con $E_g < 1 \text{ mm}$.

Para ganar en precisión y celeridad resulta muy útil contar con dos teodolitos, haciendo que cada uno de ellos actúe simultáneamente como tal y a la vez como señal de puntería para el otro.

Otra posibilidad muy ventajosa es contar con un equipo de triangulación con centración forzosa.

Cuando el relevamiento se efectúa desde el piso es necesario trabajar con visuales muy inclinadas. Si se cuenta con oculares acodados se puede lograr visuales hasta cenitales, lo cual ahorra estaciones a efectuar.

b) Medición de longitudes.

Es necesario contar con cinta de acero milimetrada, contrastada, dinamómetro y termómetro para cinta.

c) Accesorios.

Existen herramientas adaptadas al trabajo en cuestión y seguramente habrá otras a crear o adaptar. Mencionaremos algunas.

Señal de puntería: resulta muy práctico un "minijalón" fabricado con un alambre de acero recto, de diámetro ~ 2mm y longitud 200 a 300 mm, pintado en sectores alternados. Mediante prismas magnéticos es posible dejar fijas las señales sobre los puntos durante el trabajo.

Marcación de puntos: se puede utilizar cinta aisladora de tela blanca o cinta de enmascarar y lápiz de mina 0,5 mm para trabajar al mm (estación de teodolito, eje de referencia, vértice de triángulo).

También conviene disponer un punzón de punta fina para marcar chapa.

Mira para leer desplazamiento del riel respecto al eje de referencia es suficiente un metro de carpintería en buenas condiciones (también cinta cortas, regla de 500 mm, etc.). Resulta útil agregarle un "cursor" de chapa de modo que cuando la distancia al aparato es mayor de 25 ó 30 m, el operado indica al ayudante el desplazamiento del cursor y el ayudante efectúa la lectura.

El uso de transmisores es de gran utilidad.

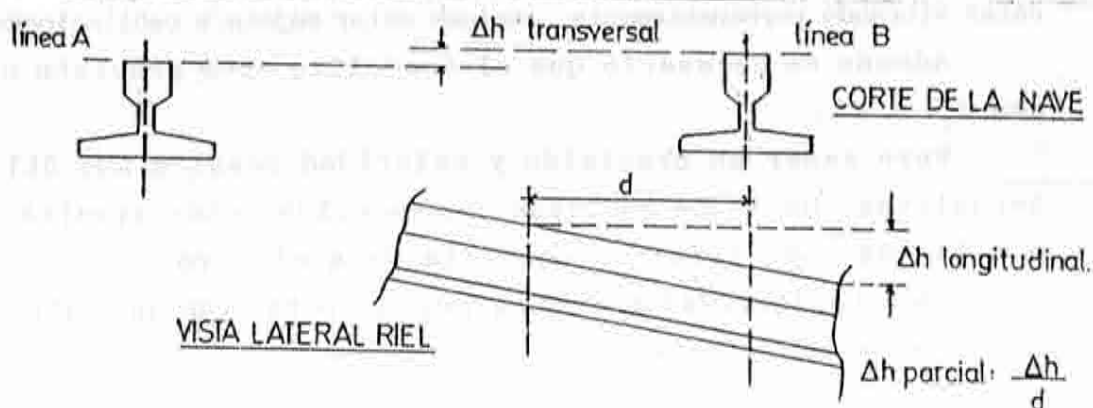
4-2. Control de nivelación.

Seguimos considerando el ejemplo anterior.

El nivel del riel se controla en los mismos puntos en que se controla alineación y trocha.

Lo que interesa son los desniveles relativos, dentro de un mismo riel y respecto al de enfrente. Por tanto no es imprescindible vincular la nivelación a un sistema general.

4-2-a-Tolerancias.



Según Federación Europea del Mantenimiento.

- Δh transversal : 10 mm
- Δh longitudinal total : 10 mm
- Δh parcial: 0,1 %

Según Normas Aise Nº 13.

- Δh transversal: 0,04 % de trocha
- Δh longitudinal total: 13 mm
- Δh parcial: 0,04 %

Según Ya. Sundakov.

- Δh transversal: 15 mm

4-2-b- Método.

Generalmente se trabaja a lo largo de una línea, supongamos la A, con estaciones cada 50 ó 60 m. En cada punto de control se toma lectura como punto intermedio.

Al llegar al extremo de A se pasa a línea B, volviendo por ésta hasta cerrar en el comienzo de A.

Este esquema es ideal. Habrá que apartarse de él tantas veces como sea necesario.

Si existen puntos fijos, utilizados para controles anteriores, la nivelación se irá apoyando en ellos, utilizándolos en lo posible como punto de paso.

De no existir (como suele suceder) habrá que establecerlos a priori. Se eligen puntos de la estructura o se los coloca al efecto.

Dichos puntos fijos serán vinculados entre sí mediante una nivelación aparte o serán utilizados como puntos de paso indefectiblemente, nunca como puntos intermedios.

Cuando la longitud de la nave exceda los 200 m es conveniente efectuar cierres parciales.

Trabajar desde el piso suele ofrecer mejores condiciones en cuanto a comodidad, seguridad y rapidez.

Una de las principales ventajas es que permite utilizar niveles automáticos, lo que en general no es posible estacionando sobre estructuras metálicas, dada la vibración a que están sometidas.

Si se estaciona sobre la estructura u otros puntos elevados deben elegirse cuidadosamente los sectores más estables.

La elección de una u otra forma de trabajo depende de las condiciones concretas.

Con los datos obtenidos se confeccionan perfiles altimétricos de cada riel. Eligiendo las escalas (por ejemplo 1:500 escala horizontal y 1:1 escala vertical) permite visualizar rápidamente los puntos fuera de tolerancia dentro de cada riel y a la vez en su cotejo con el otro.

En algunos edificios en que la distancia entre columnas es considerable y las cargas a operar son importantes, la viga sobre la que apoya el riel se fabrica contraflechada. Ello debe tenerse en cuenta al analizar el perfil del riel.

4-2-c- Equipo.

Consideramos: a) nivel óptico.

b) miras.

a) En cuanto a precisión no hay gran exigencia. Es suficiente un aparato que permita garantizar el mm a 30 m.

Los aparatos automáticos son inadecuados para trabajar estacionado sobre estructuras metálicas del tipo que nos ocupa.

Algunas casas vendedoras aseguran lo contrario respecto de algunos modelos.

Nuestra experiencia al respecto es negativa aunque limitada.

El nivel debe estar verificado y corregido porque es necesario apelar permanentemente a visuales no equidistantes.

En caso contrario el trabajo no es imposible pero suele tornarse excesivamente dificultoso.

Los niveles reversibles resultan particularmente útiles, dada la facilidad de su chequeo en cualquier momento y lugar.

b) Las miras deben ser milimétricas. Es usual "pegar" una cinta milimetrada sobre una regla adecuada.

Cuando las visuales superan los 20 m conviene utilizar un cursor que se desliza sobre la mira hasta la posición que indique el operador, efectuando la lectura el ayudante.

Si se trabaja desde el piso se puede utilizar un dispositivo del siguiente tipo para efectuar las lecturas.



La cinta métrica actúa así como una mira invertida y todas las lecturas serán negativas (debe descontarse el espesor de la argolla).

5.- Control de vigas.

5-1- Consideración general sobre vigas.

La correcta ubicación de la viga es condición necesaria para la correcta ubicación del riel.

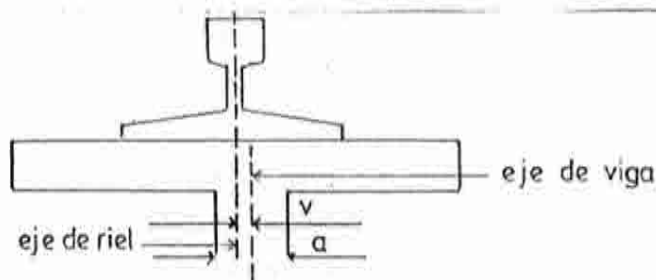
Por tanto se controlan los mismos parámetros que para el riel, a saber:

- alineación de los ejes de las distintas vigas a lo largo de cada línea.

- trocha o distancia entre ejes de vigas de líneas opuestas.

- nivelación del eje considerado en la superficie superior de la viga, o sea donde apoya el riel (recordar que en algunos casos las vigas están contraflechadas).

5-2- Tolerancias.



Según Federación Europea del Mantenimiento.

$$V \leq a/2$$

Según Normas Aise Nº 13.

$$V \leq \frac{3}{4} a$$

Según Ya. Sundakov.

$$V \leq 15 \text{ mm.}$$

Como puede verse las tolerancias que controlan alineación y trocha del riel se amplían para el caso de las vigas teniendo en cuenta el juego admitido entre ejes de viga y riel.

En cuanto a nivelación las tolerancias son las mismas que las establecidas para el riel (excepción hecha de las vigas contraflechadas).

5-3- Método.

Es idéntico al que se utiliza para controlar los rieles.

En la unión entre una y otra viga pueden producirse diferencias o "saltos", que deben registrarse, tanto en el plano horizontal como vertical.

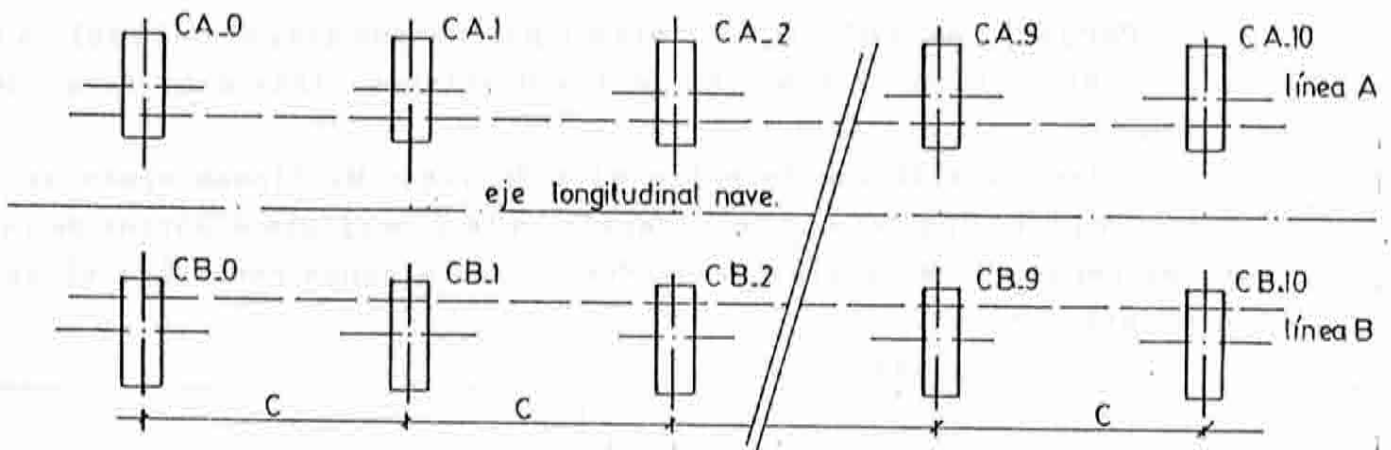
Al dibujar los respectivos gráficos se tendrá en cuenta que los ejes de viga no forman un trazo continuo (como el del riel) sino tramos discontinuos.

Cuando se requiere el relevamiento de riel y viga, puede hacerse simultáneamente.

Basta con controlar en forma directa uno de los dos elementos y, en cada punto, tomar la posición relativa del otro respecto al primero.

En esos casos es útil volcar en un mismo gráfico los datos de viga y riel para un mejor estudio.

6.-Control de columnas.



Los parámetros a controlar son los siguientes:

1-Ubicación planimétrica

- a) en sentido transversal (alineación respecto a la línea A o B)
- b) en sentido longitudinal (verificación de c)

2-Verticalidad: tanto transversal como longitudinal.

3-Nivelación de las bases

6-1. Ubicación planimétrica.

La tolerancia es generalmente del orden de ± 5 mm.

Los datos obtenidos (una vez hechos los giros correspondientes) se vuelcan a gráficos y se comparan con los de proyecto si se dispone de los planos originales.

Es obvio que este control sirve para detectar errores de montaje puesto que es poco probable que la columna se desplace por el uso.

6-1-a Sentido transversal o alineación.

Se toma la distancia del eje de columna respecto al eje de referencia (A_1A_n en A; B_1B_n en B). Esto puede hacerse simultáneamente con el control de alineación de viga y riel cuando se trabaja desde el piso.

Caso contrario hay que vincular ambos ejes de referencia: el utilizado en la alineación de columnas con el correspondiente a viga y riel.

6-1-b Sentido longitudinal.

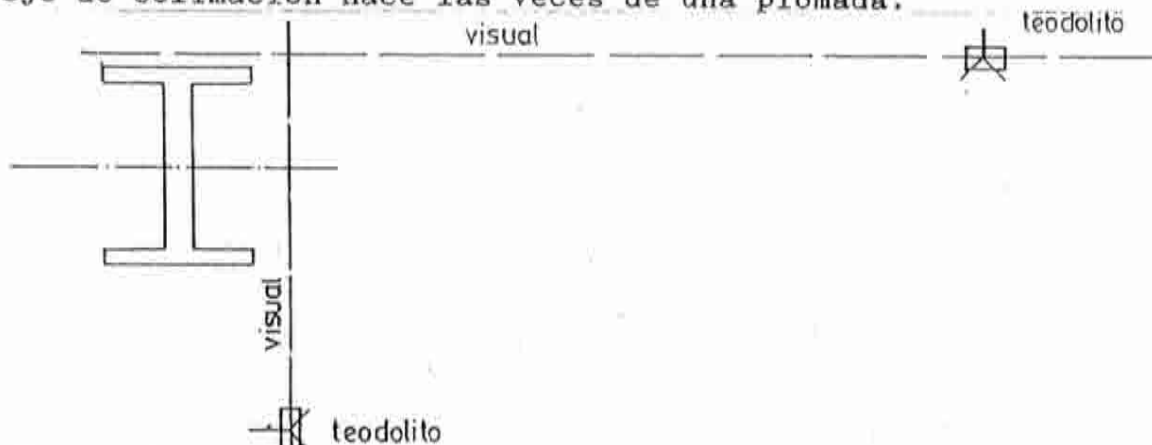
Es una determinación expeditiva. Utilizando cinta métrica se toma la distancia entre ejes de columnas.

6-2. Control de verticalidad.

Se controla en ambos sentidos: longitudinal y transversal, pero éste es el más importante, porque afecta directamente la alineación y troch del riel. La tolerancia de "desplome" es, en general, del orden de 1/50 pero en el sentido transversal no debe exceder el máximo desvío transversal admitido para la viga.

Para establecer el desplome de una columna se ubica el teodolito a distancia adecuada. Se visa el filo o costado de la columna en su parte

más alta y se baja verticalmente el anteojo hasta visar la parte más baja. Con una regla milimetrada se lee el desplazamiento. El recorrido vertical del eje de colimación hace las veces de una plomada.



En cuanto al equipo a utilizar no requiere gran precisión. Por el contrario el teodolito puede carecer de plomada óptica e incluso tratarse de los antiguos aparatos a vernier.

En caso de columnas muy altas o en espacios muy limitados puede convenir el uso de oculares acodados.

Los datos se vuelcan a gráficos y se analizan en relación a otras deformaciones observadas.

6-3 Control de nivelación de bases de columnas.

La tolerancia dependerá de las normas del proyecto, de la calidad de fabricación de columnas, etc, pero oscilará entre ± 2 y ± 5 mm seguramente.

En este caso se verifican no sólo errores de montaje, sino también posibles asentamientos.

Para poder efectuar controles periódicos es necesario elegir puntos identificables de la base de la columna o señalarlos de un modo permanente.

Se efectúa entonces una nivelación (obviamente cerrada) y vinculada a uno o varios puntos fijos ajenos al edificio y fuera de su influencia.

El equipo a utilizar no requiere comentarios especiales.

7.- Consideraciones generales.

Normalmente estos trabajos deben realizarse en condiciones muy desfavorables. Ya sea por la altura, la suciedad, la interferencia con actividades diversas, de producción o reparación, los incómodos horarios disponibles y su reducida extensión; sino todos al menos varios factores dificultan la tarea.

Es necesario tomar previsiones en dos aspectos: equipo propio y apoyo.

7-1. Equipo.

Por razones que ya se han comentado, tanto nivel como teodolito deben ser verificados y si es posible corregidos. Trabajar en esas condiciones significa mucho.

El equipo debe incluir además elementos para la protección de los

aparatos: cuerdas para atar los trípodes, imanes para afirmar sus patas, capuchas plásticas para proteger de polvo y pintura niveles y teodolitos etc.

7-2. Apoyo.

Es absolutamente imprescindible asegurarse previamente que se contar con apoyo adecuado.

Mencionaremos algunas cuestiones que pueden ser críticas:

- seguridad: corte de energía eléctrica, cuerdas, barandas provisionarias plataformas, etc.
- izaje: escaleras, cuerdas, grúas, etc.
- iluminación
- equipo de soldadura y corte de elementos metálicos disponible durante el trabajo para poner, sacar, modificar, etc, señales o protecciones
- ayudantes con conocimiento del lugar y experiencia adecuada.

8.- Otras consideraciones.

Tal como fue dicho, lo anterior se aplica al control geométrico de edificios o estructuras metálicas para el funcionamiento de puentes grúas

Similares criterios, con lógicas variantes, pueden aplicarse en caso de columnas y vigas lo sean de hormigón armado.

Cuando la cuestión a resolver es el montaje de un edificio nuevo el problema es distinto. Pensamos, sin embargo, que pueden ser útiles muchos de los criterios expuestos.

Trabajo 1: Control geométrico de rieles de rodadura (alineación y trocha)

Equipo: Puente Grúa U - 17 - 1

Nave 1

Planta: I

Empresa: EMU SA

Ubicación: Rosario- Santa Fe

Se trabajó desde el piso de la nave. (El riel está aproximadamente a 8m de altura). Ver gráfico 2a

Ubicado el teodolito en el punto A'_1 se materializó la línea $A'_1A'_n$ aproximadamente paralela al riel.

Se procedió a tomar las distancias al eje del riel en los puntos previamente seleccionados.

Luego se trazó una perpendicular a la dirección $A'_1A'_n$ y se determinó el punto B'_1 .

Se midió la distancia $A'_1B'_1$, obteniéndose (previa corrección por temperatura y fuerza tirante) el valor 14288 mm.

Estacionando el teodolito en A'_n , se visó el punto A'_1 y se continuó tomando las distancias al eje del riel.

Luego se procedió a levantar una perpendicular a la dirección adoptada y se replanteó el punto B'_n de manera que $A'_nB'_n = A'_1B'_1$, con lo cual nos quedó materializada la dirección $B'_1B'_n$ paralela a $A'_1A'_n$.

Luego se instaló el teodolito en B'_n y visando a B'_1 se continuó tomando las distancias al eje del riel.

Finalmente estacionado el teodolito en B'_1 y visando B'_n se terminó de determinar las distancias al eje del riel.

Los datos obtenidos los volcamos al gráfico 2a.

En el lado B trasladamos el eje de referencia 179 mm de modo que el apartamiento en el punto 1 sea igual a cero. El otro eje se traslada 176 mm de modo que el apartamiento en el punto 10 sea igual a cero.

La distancia entre ejes de referencia es ahora de 14643 mm.

Volcamos los datos en el gráfico 2b.

Si giramos los ejes de referencia, logramos disminuir los errores. Giramos entonces los ejes 36 mm en todo el largo, o sea 2mm por tramo.

Los nuevos valores están indicados entre paréntesis.

Finalmente el eje de la izquierda lo traslado paralelamente 29 mm hacia el oeste y el eje de la derecha 1 mm hacia el este.

Elaboramos entonces el informe definitivo que volcamos en el gráfico 2c.

DATOS DE LIBRETA

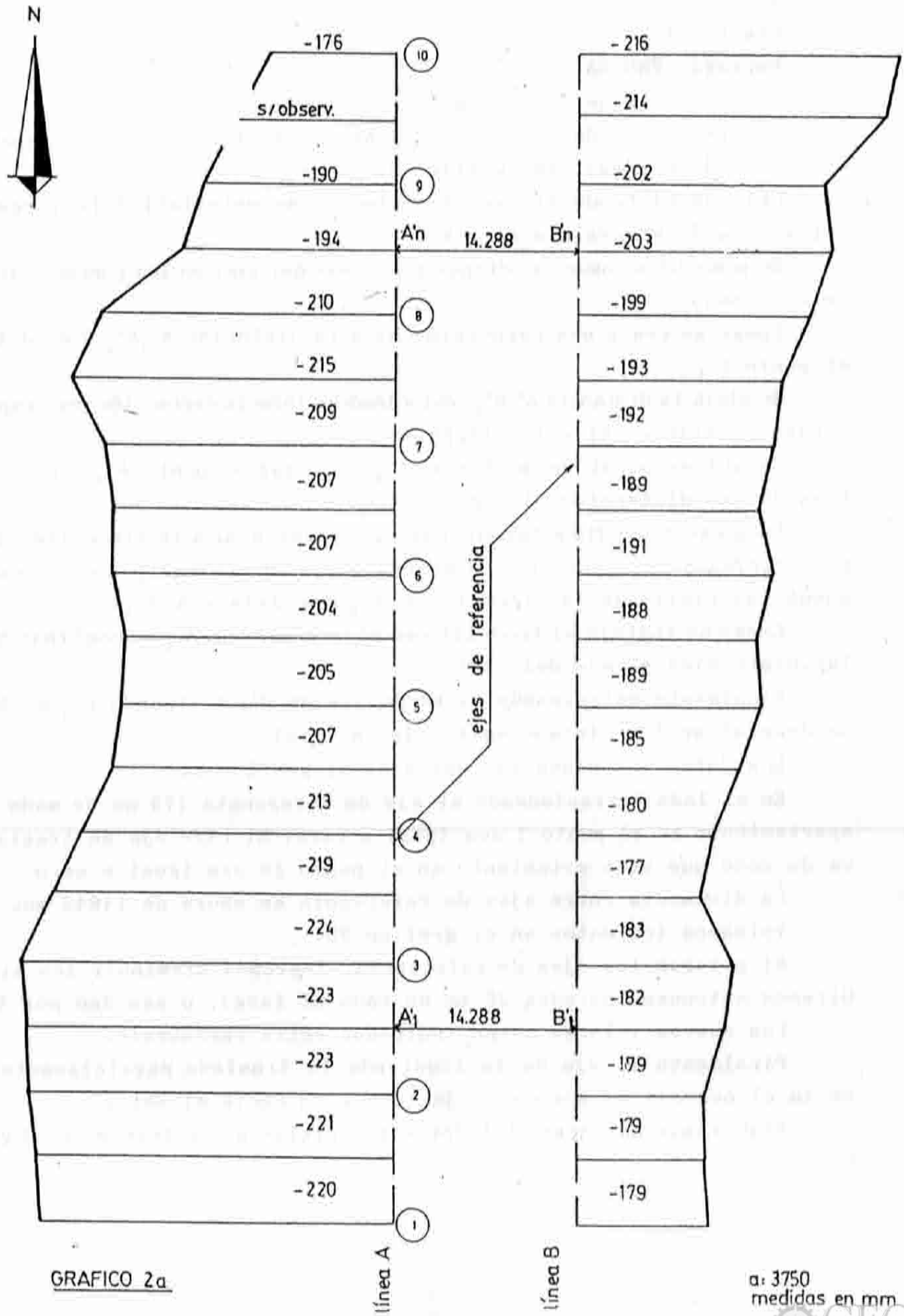
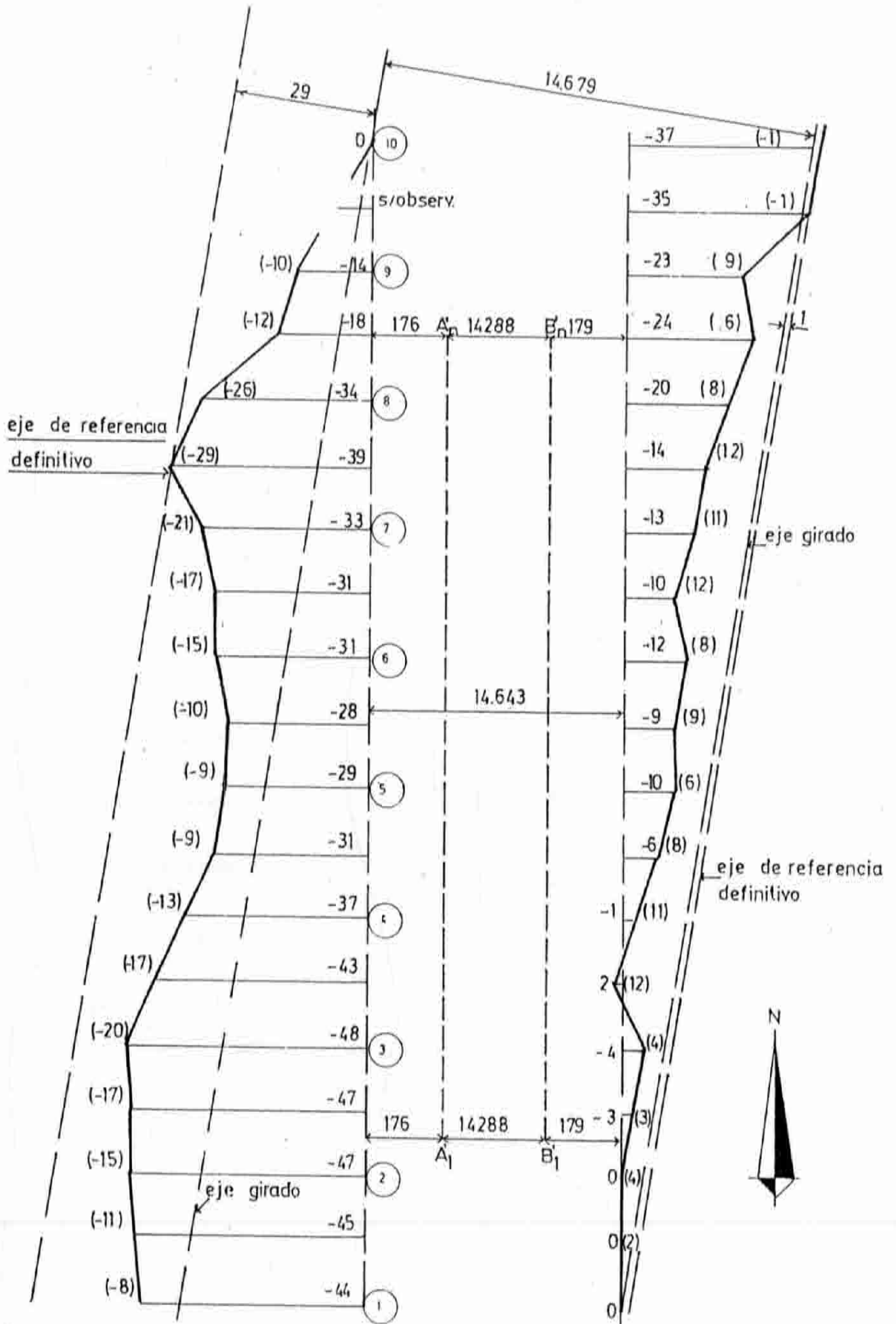


GRAFICO 2a

a: 3750
medidas en mm



medidas en mm

GRAFICO 2b

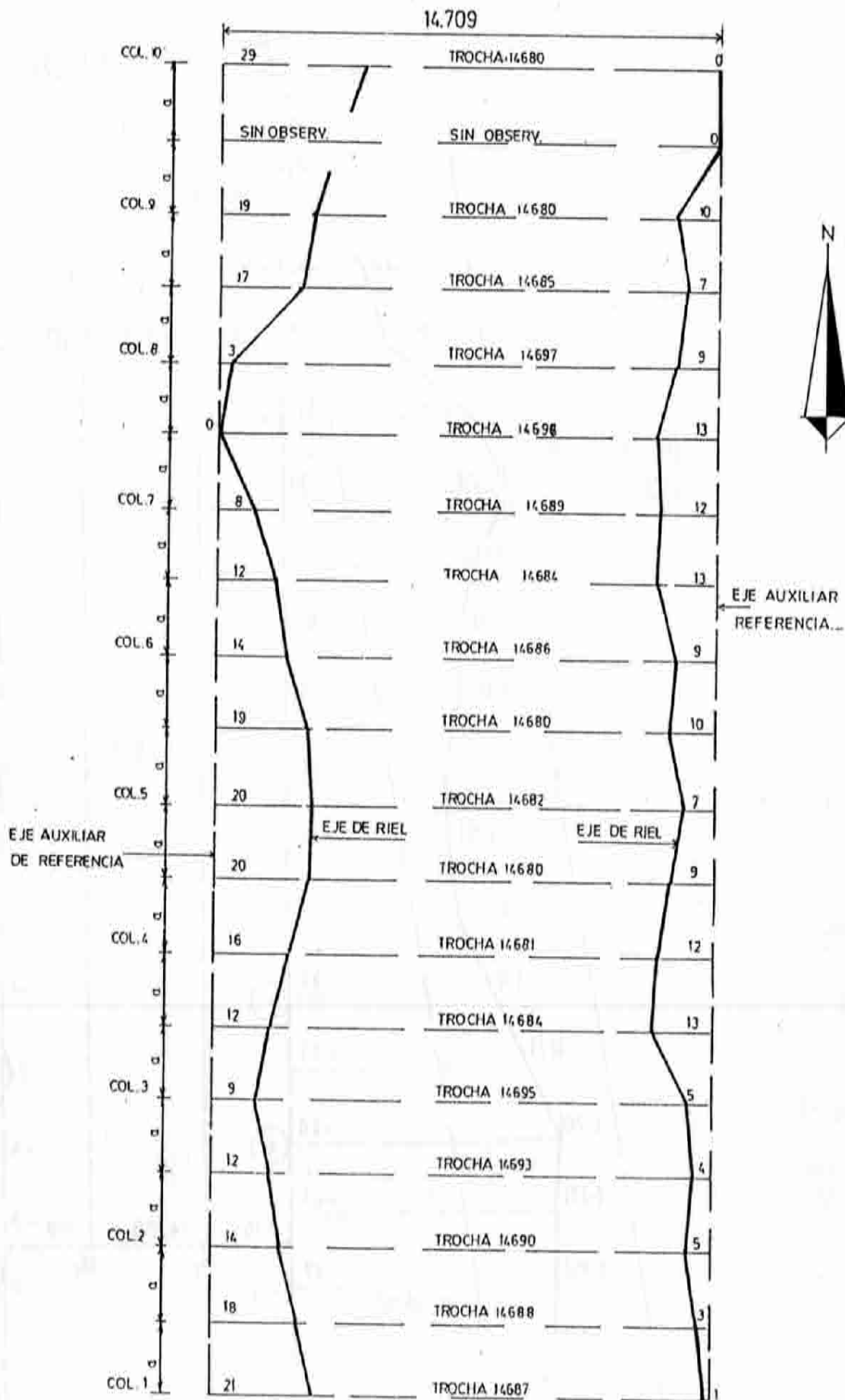


GRAFICO 2C

Trabajo 2: Control geométrico de rieles de rodadura (alineación y trocha)

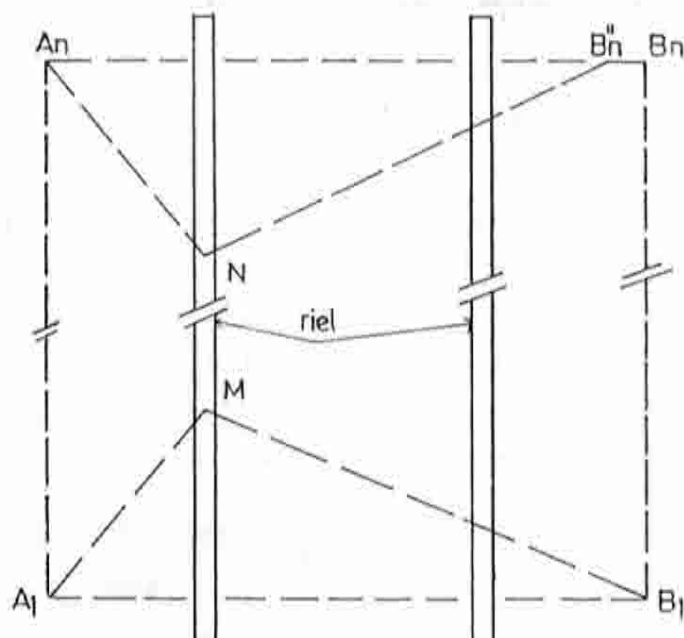
Nave de cuchara

Planta: Aceros Semielaborados (PASE).

Empresa: Acindar

Ubicación: Villa Constitución-Santa Fe.

Se trabajó estacionando en la misma estructura (El riel está aproximadamente a 18 m de altura).



Estacionado el teodolito en el punto A_1 se materializó la línea $A_1 A_n$ aproximadamente paralela al riel, procediéndose a tomar las distancias al eje del riel en los puntos previamente seleccionados.

Luego se procedió a levantar una perpendicular a la dirección $A_1 A_n$ adoptada y se determinó el punto B_1 .

Se materializó el punto M previamente seleccionado y se midió el ángulo $MA_1 B_1$ por el método de repetición ($n=2$) resultando el valor del ángulo $88^\circ 13' 04''$.

Se midió la distancia $A_1 M$ dos veces, obteniéndose (previa corrección por flechamiento, temperatura y fuerza tirante) el valor 14857,5 mm.

Instalado el teodolito en A_n y visando A_1 se continuó tomando las distancias al eje del riel.

Luego se procedió a levantar una perpendicular a la dirección $A_1 A_n$ y se fijó arbitrariamente sobre la perpendicular trazada el punto B_n .

Se materializó el punto N (previamente seleccionado) y se midió el ángulo $B_n A_n N$ por el método de repetición ($n=2$) resultando igual a $88^\circ 16' 36''$. Se midió la distancia $A_n N$ dos veces, obteniéndose previas correcciones, el valor 14978,5 mm.

Instalado el teodolito en B_1 se midió el ángulo $A_1 B_1 M$ resultando igual a $34^\circ 16' 17''$.

Luego estacionamos en B''_n y medimos $34^{\circ} 28' 36''$ valor del ángulo $NB''_n A$.
Se procedió a calcular el triángulo $A_1 M B_1$, resultando $A_1 B_1 = 22.255$ mm.
Luego el triángulo $A_n N B''_n$, siendo el valor de $A_n B''_n = 22.253$ mm.

Se obtuvo entonces B_n en la dirección $A_n B''_n$ y a 2 mm de B''_n y quedando materializada la dirección $B_1 B_n$ paralela a $A_1 A_n$.

Instalado el aparato en B_n y visando B_1 se procedió a tomar las distancias al eje del riel.

Finalmente estacionando en B_1 y visando B_n se terminó de tomar las distancias al eje del riel.

Los datos obtenidos los volcamos en el gráfico 3a.

Trasladamos paralelamente el eje de referencia norte hasta que pasara por el punto 19 y el otro eje hasta coincidir con el punto 1.

La distancia entre los ejes de referencia queda reducida a 21349 mm.

Elaboramos el informe definitivo y lo volcamos en el gráfico 3b.

La trocha teórica es de 21336 mm.

Indicamos entre paréntesis la diferencia respecto a la trocha teórica.

Veamos el error cometido en la determinación de la distancia $A_1 B_1$.

$$\overline{A_1 B_1} = \frac{\sin(A_1 + B_1) \cdot \overline{A_1 M}}{\sin B_1}$$

Llamamos:

ϵ_1 : error en la medición de $A_1 M$. $\epsilon_1 \leq 1$ mm (estimado)

ϵ_2 : error en la medición del ángulo A_1 . $\epsilon_2 \leq 10''$ (calculado teniendo en cuenta los errores de lectura, puntería y estacionamiento)

ϵ_3 : error en la medición del ángulo B_1 . $\epsilon_3 \leq 10''$ (calculado en la misma forma)

ϵ_r : error en $A_1 B_1$

$$\epsilon_r^2 = \frac{\sin^2(A_1 + B_1) \cdot \epsilon_1^2}{\sin^2 B_1} + \frac{\overline{A_1 M}^2 \cdot \sin^2 A_1 \cdot \epsilon_2^2}{\sin^4 B_1} + \frac{\overline{A_1 M}^2 \cdot \cos^2(A_1 + B_1) \cdot \epsilon_3^2}{\sin^2 B_1}$$

$$\epsilon_r^2 = \frac{\sin^2 122^{\circ} 29' 21'' 1 \text{ mm}^2}{\sin^2 34^{\circ} 16' 17''} + \frac{(14.857,5 \text{ mm})^2 \cdot \sin^2 88^{\circ} 13' 04'' \cdot 10^2}{\sin^4 34^{\circ} 16' 17'' \cdot 206265^2} +$$

$$+ \frac{(14.857,5 \text{ mm})^2 \cdot \cos^2 122^{\circ} 29' 21'' \cdot 10^2}{\sin^2 88^{\circ} 13' 04'' \cdot 206265^2}$$

$$\epsilon_r^2 = (2,24 + 5,09 + 0,15) \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_r^2 = 7,48 \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_r < 3 \text{ mm}$$

Tolerancia: según FEM: 5 mm
según DIN: 7 mm
según AISE: 9 mm
según Sundakov: 10 mm

Como vemos el método elegido permite trabajar con errores que no superan la tolerancia establecida.

DATOS DE LIBRETA

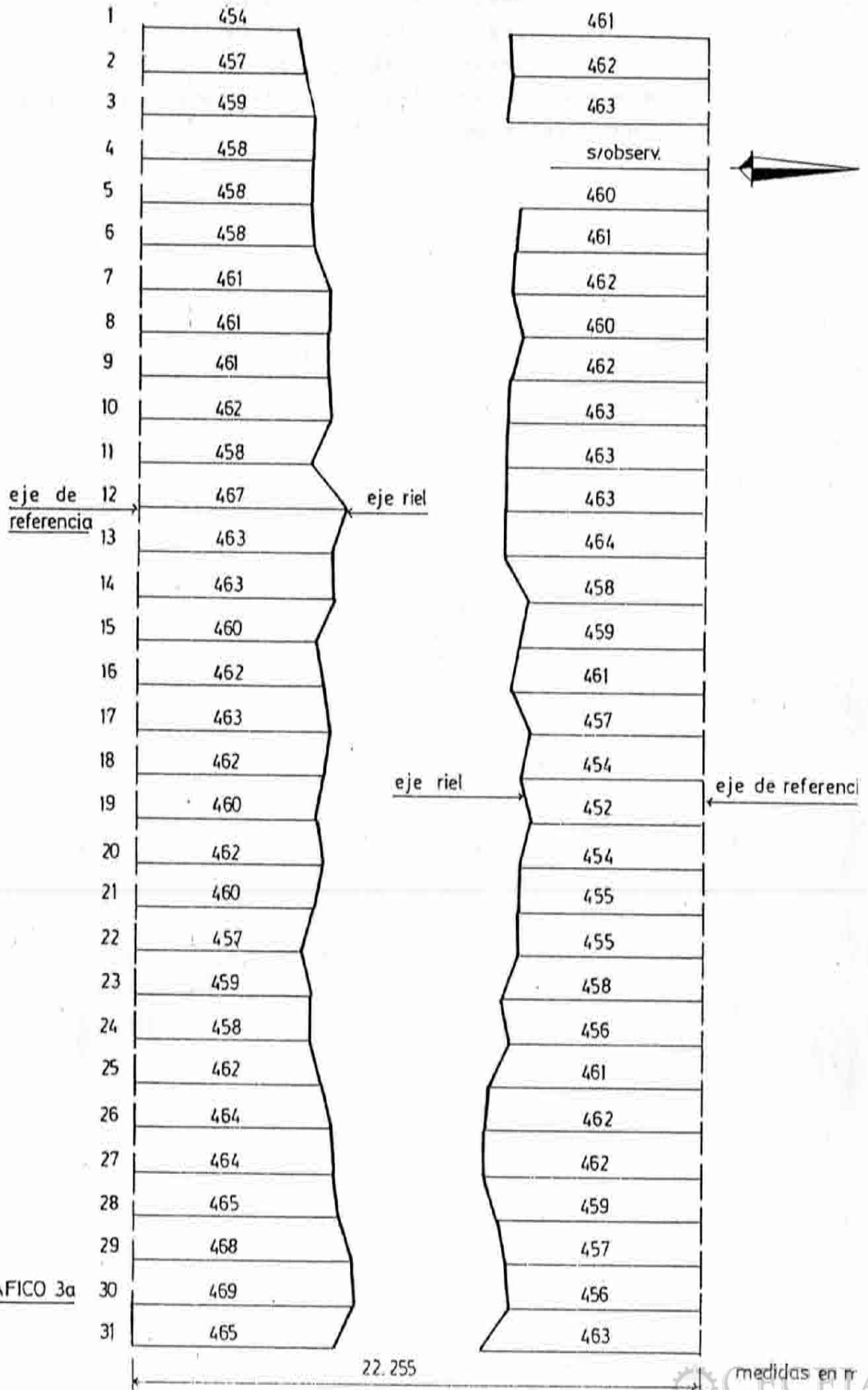


GRAFICO 3a



Se indica entre paréntesis la diferencia respecto a la trocha teórica...
 Progresivas en metros... Resto de las medidas en mm...

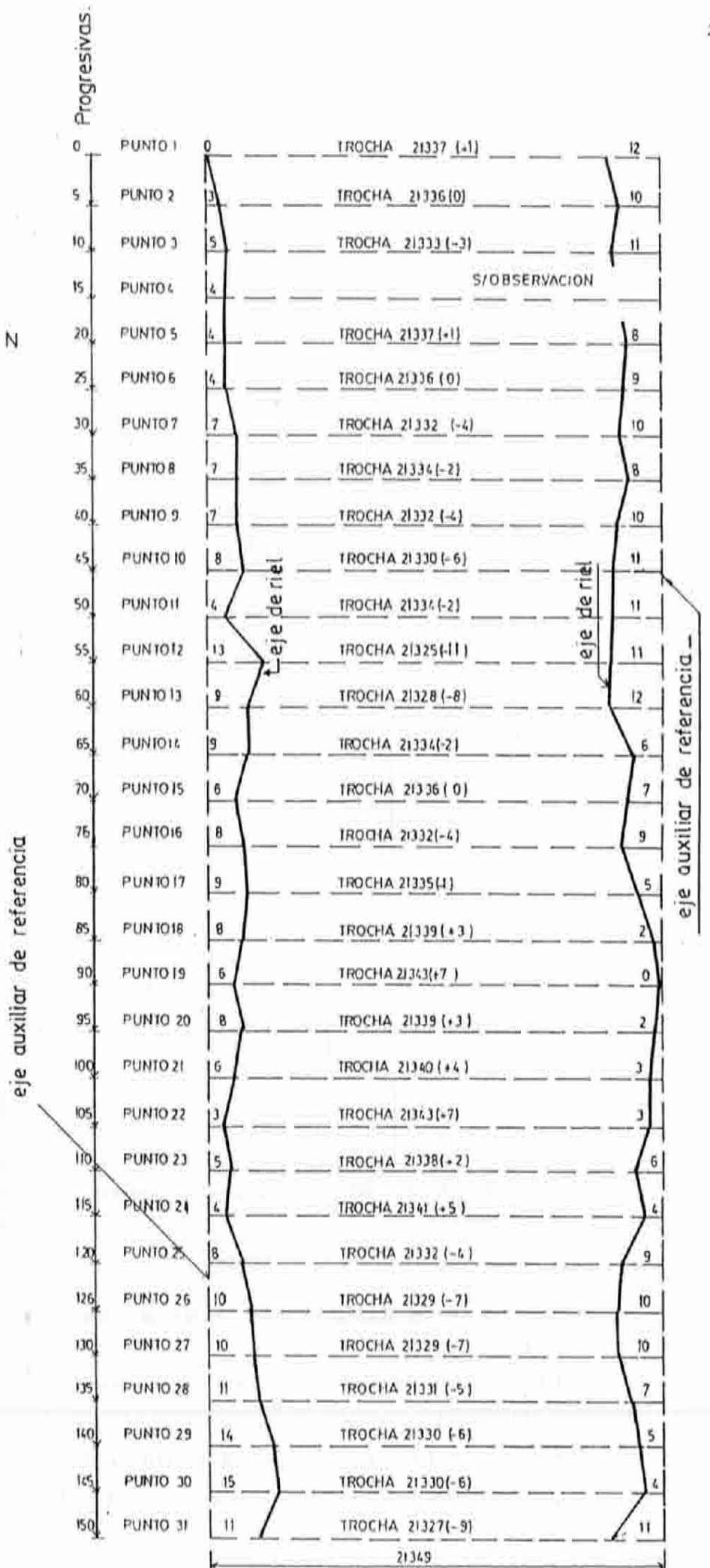


GRAFICO 3b

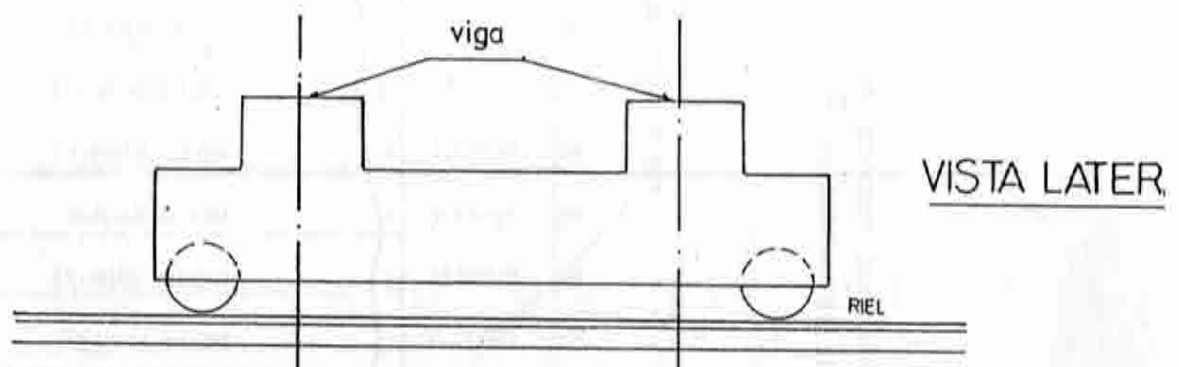
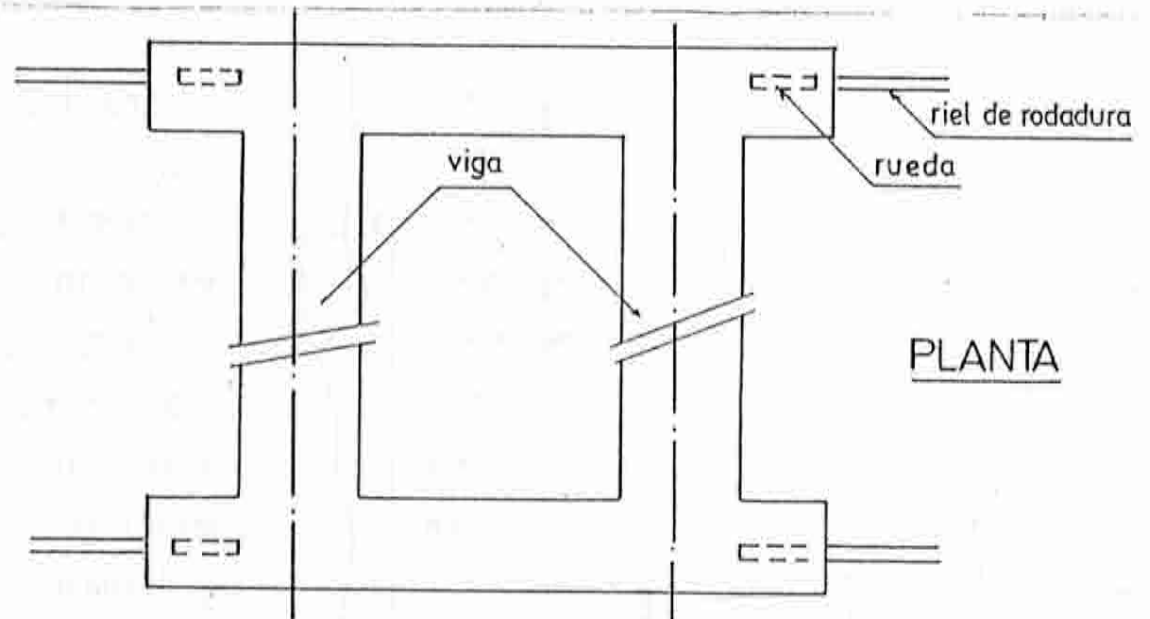
II- Control geométrico de puentes grúas.

1.- Conceptos generales.

El servicio de mantenimiento y reparación de puentes grúas suele requerir un control geométrico de los mismos.

Sobretudo cuando el puente grúa moviliza cargas significativas y sometido a actividad intensa, máxime si se detectan "cruzamientos" de puente, desgaste inadecuado de ruedas o rieles, roturas de ejes, etc.

Básicamente podemos señalar dos tipos de control: el que se efectúa sobre las ruedas y el que tiene por objeto las vigas.



3.- Control de alineación, trocha, escuadría o avance y desplazamiento lateral de ruedas.

El puente grúa, a la vez que montacargas, es un vehículo. Como todos ellos, las ruedas establecen el único contacto con la superficie de desplazamiento (en este caso los rieles).

Toda deformación geométrica que afecte a las ruedas, directa o indirectamente

afecta el correcto desplazamiento del puente grúa.

Ver gráfico 4.

3-1 Definiciones.

Consideremos un eje de simetría ideal perpendicular a la dirección de desplazamiento del puente.

Llamamos trocha a la distancia entre centros de ruedas según una paralela al eje de simetría. En el gráfico t_{1-2} y t_{3-4} .

Teóricamente, las cuatro ruedas deben ser paralelas entre sí, perpendiculares al eje de simetría y estar ubicadas a la misma distancia de él.

Llamamos error de alineación al desvío de perpendicularidad entre la rueda y el eje de simetría.

Por ejemplo si hay diferencia entre e_1 y e'_1 delata un error de alineación. Es como si la rueda estuviera "torcida".

En el gráfico está indicada la convención de signos a utilizar para el error de alineación.

Llamamos error de escuadría o avance al caso en que por ejemplo a_1 es distinto de a_2 . Es el caso en que una rueda se "adelanta" a la otra.

Llamamos desplazamiento lateral al caso en que $d_1 \neq d_4$ ó $d_2 \neq d_3$. Es decir una rueda está "más a un costado" que la otra.

3-2- Tolerancia.

Mencionamos algunas a título ilustrativo, lo que nos sirve de base para determinar la precisión que requiere el trabajo y por lo tanto la elección de método e instrumental a utilizar.

Según Cleveland Crane. (E.E.U.U.)

Trocha: puede ser hasta 6 mm inferior a la teórica.

- diferencia de trocha, o sea $t_{1-2} - t_{3-4}$: ± 2 mm

Avance: ± 6 mm

Alineación: + 0,13 %

Según Federación Europea del Mantenimiento.

Trocha: si $t \leq 15$ m Δt : ± 2 mm

si $t > 15$ m Δt : $\pm [2 + 0,15(t - 15)]$ mm; (t en metros)

hasta máximo ± 15 mm

Alineación: $\pm 0,04$ %

Desplazamiento lateral: máximo: 2 mm

3-3-Método para la medición.

Existen distintas posibilidades.

Una de ellas es que el puente grúa haya sido sacado de los rieles y puesto sobre soportes nivelados, a baja altura y en una zona despejada, pero esa situación no suele ser la más común.

Otro elemento a tener en cuenta es si el puente grúa cuenta con señales

PLANTA DE LAS 4 RUEDAS

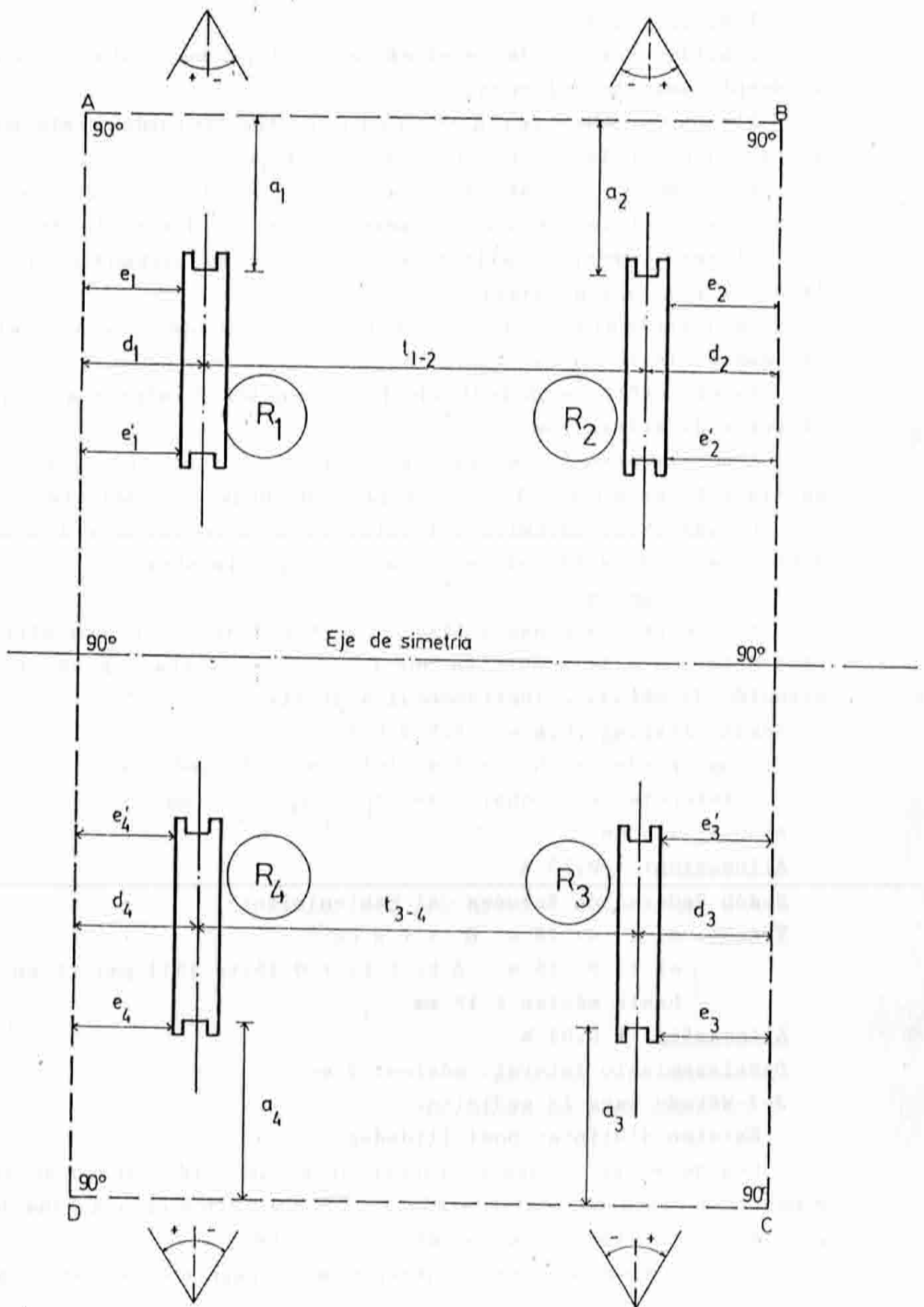


GRAFICO 4

de fábrica para efectuar el chequeo geométrico.

Tales señales identifican de algún modo el eje de simetría del puente grúa, o una paralela al mismo, o una perpendicular a él, de modo tal que pueda ser replanteado el sistema de referencia con que fue construido.

Pongámonos en la peor situación: el puente grúa no cuenta con referencias de fábrica y está ubicado en altura, sobre los rieles.

Necesitamos producir un sistema planimétrico de referencia, tal como el ABCD del gráfico.

Para ello estacionamos el teodolito sobre un punto A, lo más cerca del puente grúa que nos permitan la solidez de la estructura y las características del aparato.

Hay casos en que es necesario montar una plataforma o dispositivo especial para lograr la estabilidad del teodolito.

Necesitamos leer los valores e_1 ; e'_1 ; e'_4 y e_4 con un error no mayor de 0,2 mm.

Si el diámetro de la rueda fuera de 500 mm y quisiéramos apreciar desvíos del 0,04% necesitamos detectar diferencias de 0,2 mm.

Obviamente es necesario ubicarnos cerca (no más de 8 ó 10 m) de la rueda más alejada.

Por las mismas razones conviene que las distancias e no sean superiores a los 300 mm.

Se comienza por ubicar el anteojo paralelo a las ruedas tomando las lecturas extremas (e_1 y e_4), girando hasta lograr que difieran menos de 1 mm. En esa posición se leen e_1 ; e'_1 ; e'_4 ; e_4 y se marca el punto de referencia D procediéndose a medir la distancia AD.

Son precauciones a tener en cuenta: que las ruedas tengan su superficie en condiciones para la medición; marcar los puntos donde se mide; que se pueda estacionar el aparato en D; repetir la serie de lecturas hasta que coincidan sensiblemente dos series sucesivas.

A continuación se replantea un ángulo de 90° , determinando B y obteniendo a la vez el valor de a_2 .

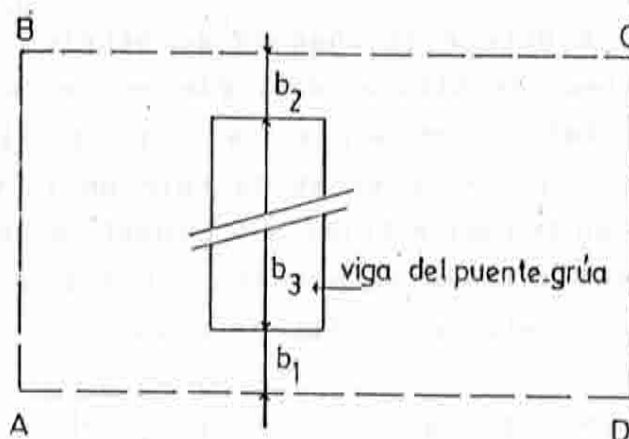
En B se replantea 90° obteniendo C tal que $AD = BC$ y efectuando la serie de lecturas e_2 ; e'_2 ; e'_3 ; e_3 y leyendo también a_1 , con las precauciones antes señaladas.

En C y D se toman lecturas de a_4 y a_3 y se verifica el cierre de la figura.

Los valores "a" deben leerse al milímetro.

Para completar los datos necesitamos saber la distancia AB.

Una posibilidad que suele resultar muy práctica es utilizar el mismo puente grúa para apoyar la cinta, del siguiente modo:



Se elige una zona de la estructura del puente en que se pueda colocar la cinta métrica, y se mide allí b_3 utilizando dinamómetro, termómetro o cinta contrastada, dejando en los extremos del tramo medido adecuadas señales

Cuando se estaciona el teodolito en A se lee el valor b_1 y lo mismo se hace con b_2 desde B.

Los valores "b" se leen al milímetro.

Si esta posibilidad no existe habrá que apelar a otro método, por ejemplo un triángulo.

Para calcular la trocha medimos también el espesor de la rueda.

Teniendo ya los datos cabe elaborar el correspondiente informe.

Debe tenerse en cuenta que, como el sistema de referencia ha sido elegido más o menos arbitrariamente (por no contar con señales de fábrica al efecto) puede ser conveniente un giro para reducir los errores al mínimo posible. En otras palabras se trata de elegir el sistema de referencia óptimo.

Claro está que dicho giro, en muchos casos, al par que disminuye la influencia de algunos errores aumenta la de otros.

Cabe entonces buscar el sistema en el cual los que se reducen a su mínima expresión sean los errores de mayor importancia para el funcionamiento del puente grúa, o los más difíciles de corregir.

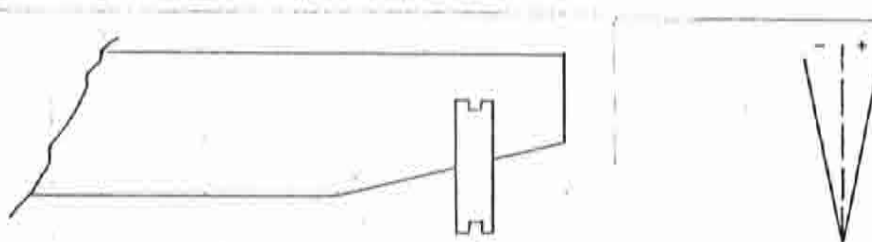
En el informe debe indicarse cuál fue la temperatura del puente grúa cuando se midió la trocha. Cabe suponer que ésta varía en días que la amplitud térmica puede llegar por ejemplo a 35°C. Según nuestra experiencia esta variación es significativa.

Por último cabe aclarar que las exigencias de la práctica suelen imponer muy distintas variantes en la elección del sistema de referencia, por ejemplo la utilización de un cuadrilátero irregular. La clave es, volvemos a repetirlo, adaptarse con creatividad al caso específico.

4.- Control de verticalidad de ruedas.

4-1-Tolerancias.

Establecemos las siguiente convención de signos.



Según Clevenland Crane (E.E.U.U.)

$\pm 0,13 \%$

Según Federación Europea del Mantenimiento

+ 0,2 %

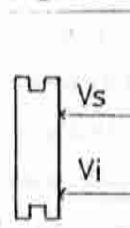
- 0,05 %

4-2- Método.

Necesitamos también aquí detectar diferencias muy pequeñas, incluso del orden de 0,2 mm.

4-2-1 Mediante teodolito.

Al efectuar el control de alineación podemos aprovechar y tomar las distancias desde el plano de colimación al punto más alto y al más bajo de la rueda, obteniendo el "desplome".



4-2-2. Otras formas.

Se pueden utilizar aparatos propios de la metrología mecánica, especiales para medir inclinación de planos. Todos ellos se basan en la combinación de un nivel de burbuja de precisión y un dispositivo para medir apartamientos o ángulos, ya sea un juego de sondas, o bien un tornillo micrométrico o micrómetro óptico.

5.- Control de vigas.

Los puentes grúas de cierta envergadura tienen dos vigas que son el elemento fundamental de su estructura.

Para prever la deformación elástica que sufre el material cuando es sometido a carga, esas vigas se fabrican con contraflecha.

En ningún caso es aceptable que las vigas tengan flecha, ni libres de carga ni aún con ella.

5-1-Control estático.

Se efectúa con el puente grúa sin carga.

A lo largo de cada viga se señalan puntos equidistantes y con nivel óptico se toman lecturas en cada punto. No es imprescindible vincular estos

datos a un plano de comparación preestablecido.

Posteriormente se confecciona un perfil altimétrico de la superficie superior de cada viga, en una escala que magnifique las deformaciones.

En caso que los extremos de la viga estén a distinta altura (por distinta altura de los rieles en que se apoya el puente grúa) es necesario girar el perfil hasta igualar la cota de los extremos. Allí se puede observar la verdadera forma de la viga y por tanto verificar si hay deformación.

5-2- Control dinámico.

Una vez efectuado el control anterior se somete el puente grúa a acción de distintas cargas.

Con cada una de ellas se repite la serie de observaciones, lo que permite construir sendos perfiles.

La comparación entre ellos permite al especialista en la materia analizar el comportamiento de la estructura del puente grúa.

5-3- Método.

El método es simple sin grandes exigencias de precisión. Hay que trabajar por supuesto, al milímetro.

Lo que sí suele haber son importantes dificultades.

Cuando el puente grúa no está a gran altura quizás es posible relevar el perfil de la parte inferior de las vigas, "colgando" de ellas cintas métricas tensadas por pesas uniformes. En tal caso el nivel óptico se puede estacionar en el suelo y ser un aparato automático.

Pero cuando no hay más remedio que trabajar en altura surgen otras cuestiones. En principio deben desecharse los aparatos automáticos por la influencia de vibraciones.

Normalmente deben efectuarse dos o más estaciones para abarcar ambas vigas en toda su extensión, salvando además obstáculos visuales diversos.

En algunos puentes grúas, recorrer una viga trasladando una mira implica resolver previamente un problema de seguridad importante, que si no es previsto puede trabar el trabajo.

En los casos que convenga o incluso sea inevitable estacionar el nivel sobre el mismo puente grúa, variará la cota del plano visual al variar la carga del puente grúa. Por tanto debe tenerse la precaución de tomar una referencia a punto fijo en cada serie de lecturas, puesto que, en la práctica, es como si se tratara de una nueva estación del aparato.

6.- Equipo.

6-1- Medición de trocha.

Cualquiera sea el método a utilizar (cinta apoyada o suspendida, triangulación etc.) es insoslayable contar con cinta de acero milimetrada contrastada.

dinamómetro y adecuado termómetro.

6-2- Mediciones planimétricas en general.

Lo fundamental es, desde luego, el teodolito. Este deberá tener una apreciación de lectura horizontal tal que $1'' \leq A \leq 10''$ y plomada óptica con error menor de 1 mm.

La utilización simultánea de dos teodolitos brinda una gran ventaja.

Del mismo modo hay accesorios que facilitan la seguridad y rapidez del trabajo e incluso permiten soluciones imposibles sin ellos en casos particulares. Tal puede ser el caso del equipo de centración forzosa u oculares acodados.

Merece un párrafo aparte el tema de efectuar lecturas apreciando las dos décimas de milímetro.

Aclaremos primero que la precisión de fabricación de las ruedas difícilmente sea inferior a 0,2 mm. Por tanto carece de sentido pretender apreciar valores menores.

Si contamos con prisma de caras plano paralelas con micrómetro incorporado, adosable al anteojo del teodolito, el problema está resuelto con exceso.

Sin embargo nuestra experiencia permite aseverar que es posible resolverlo aún sin contar con tal accesorio.

Lo primero es que el operador del teodolito sea adecuadamente experimentado.

En segundo lugar deben usarse como "miras" reglas de acero de buena calidad graduadas al milímetro o mejor aún al medio milímetro, garantizando cuidadosamente la perpendicularidad entre la mira y el plano de colimación y además la horizontalidad de la regla.

El valor absoluto de las distancias sólo es necesario para calcular posteriormente la trocha y para tal fin es suficiente trabajar al milímetro.

En cambio para detectar el error de alineación lo que interesa es la diferencia relativa Δe entre dos lecturas de una misma rueda. Por tanto en lo que a la alineación respecta, no importa que la regla utilizada tenga "error de cero".

Conceptualmente esto es muy importante puesto que no estamos pretendiendo medir longitudes con una precisión de 0,2 mm sino solamente detectar con esa precisión la diferencia entre dos medidas.

En tercer lugar los ayudantes que colocan la mira deben ser también experimentados, deben saber qué se pretende hacer y cómo hacerlo.

Por último se debe contar con imanes para sostener la regla en posición firme, elementos de limpieza de las superficies a relevar, iluminación excelente, etc.

6-3- Medición altimétrica.

Los requerimientos son simples. Basta contar con nivel óptico de burbuja

de precisión suficiente para trabajar al milímetro a 20 metros, previamente corregido, y con una mira milimetrada.

Trabajo 3: Control de alineación, trocha, avance y desplazamiento lateral de ruedas.

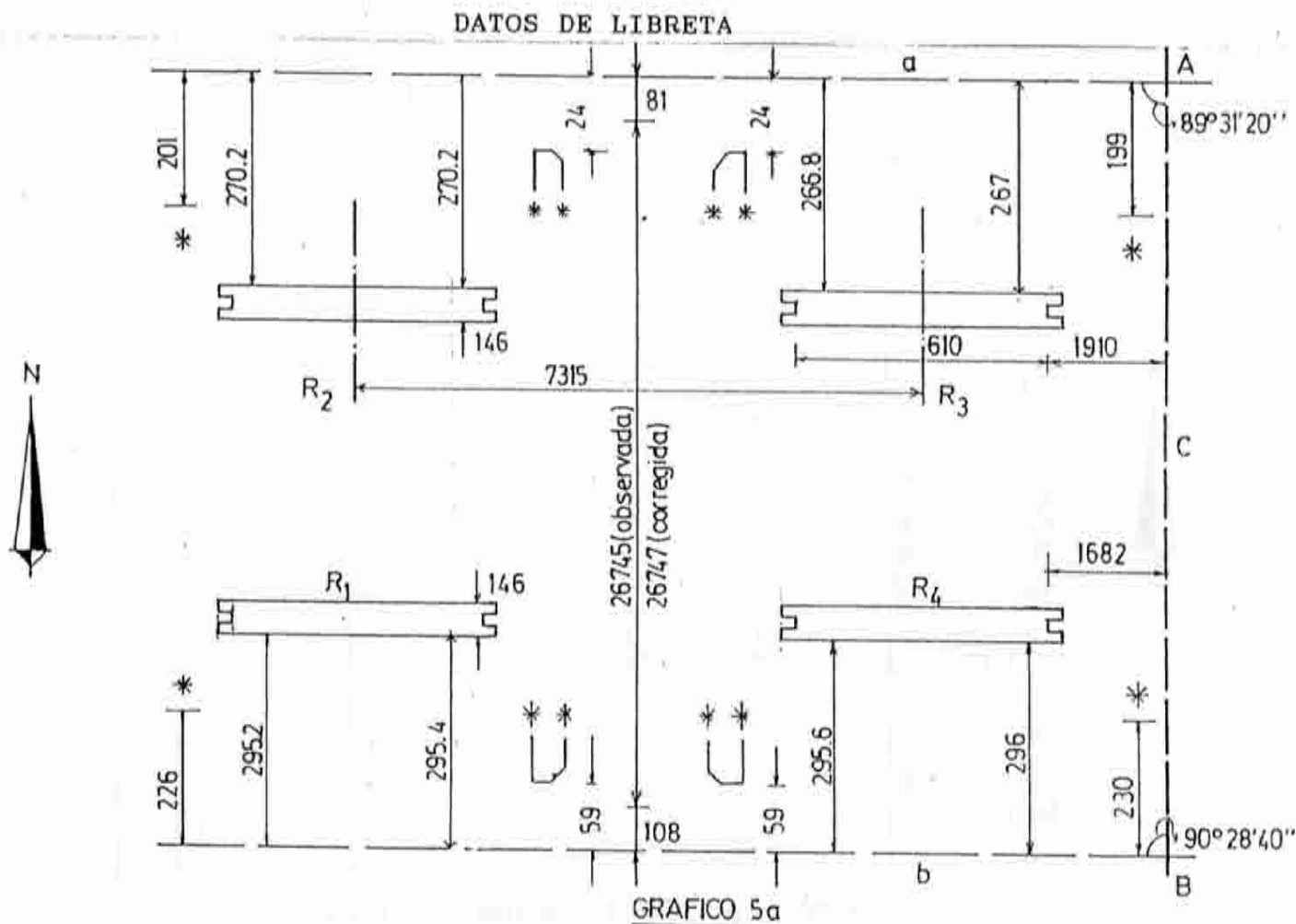
Equipo: puente grúa Cometarsa.

Nave: 1

Planta : de Aceros de Alto Límite de Fluencia (PAALF)

Empresa: Acindar

Ubicación: Villa Constitución - Santa Fe.



* superficie mecanizada - indica dirección para control de alineación.

** señales para control de montaje.

1- Sistema de referencia

Fue necesario trabajar en altura, estacionando el teodolito sobre la estructura del edificio.

Se optó por no cerrar la figura, lo que exigió medir cuidadosamente los ángulos.

Elegida la estación inicial en A se fijó la dirección a mediante una paralela a las señales **.

No fue posible obtener una estación sobre una normal a a. Hubo que

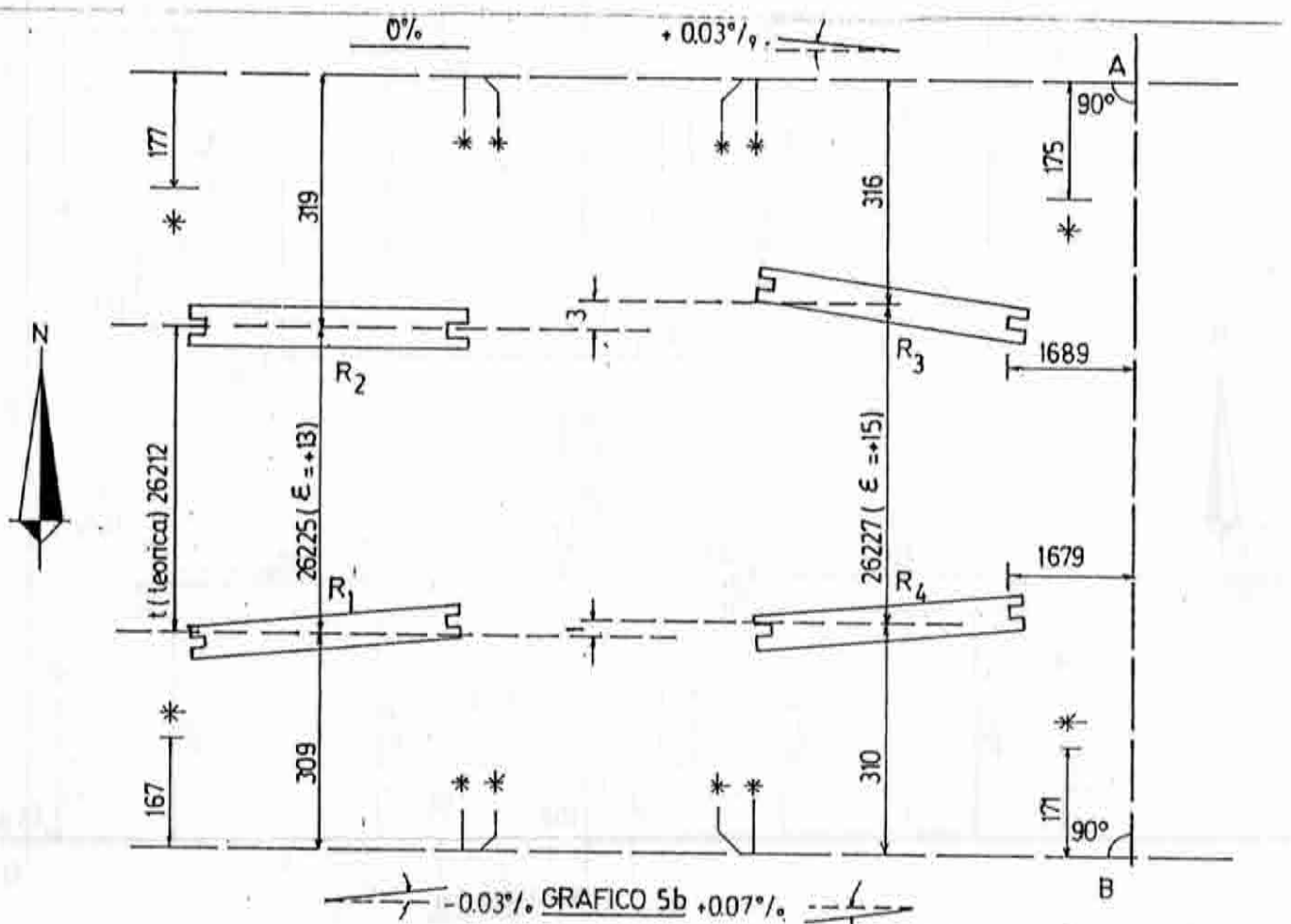
elegir B en otra posición y replantear \hat{B} suplementario de \hat{A} , de modo que \underline{a} y \underline{b} fueran paralelas.

2-Modificaciones al sistema de referencia.

Giramos la recta \underline{c} (con centro en B) hasta que $\hat{B} = 90^\circ$. Se modificaron las medidas para controlar el avance.

Desplazamos el eje \underline{a} 24 mm al sur y el \underline{b} 59 mm al norte, pasando por las señales **.

Calculamos el error de alineación, la trocha y el desplazamiento lateral obteniendo el gráfico siguiente:



Como vemos, el sistema de referencia difiere con el mecanizado de control (indicado con *) en 2 mm en el lado norte y en 4 mm en el sur. Giramos todo 3mm o sea $0^\circ 01' 18''$ en el sentido inverso a las agujas de reloj, obteniendo el informe final indicado en gráfico 5c.

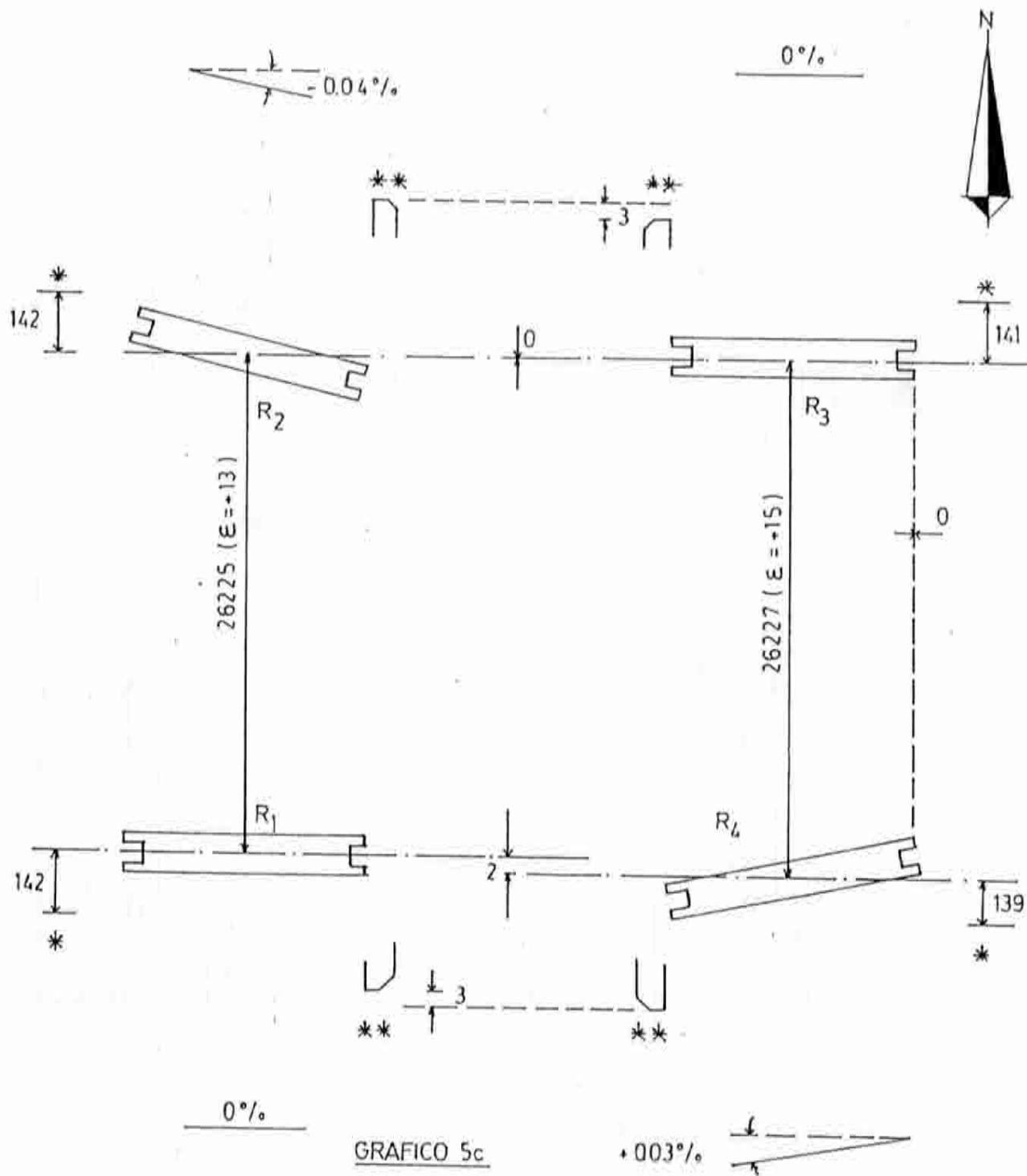


GRAFICO 5c

- * Superficie mecanizada - referencia para control.
 - ** Señal auxiliar para control de montaje.
- Medidas en mm. Croquis fuera de escala.
 $t = 33^{\circ}\text{C}$.

TRABAJO 4: (Control de alineación, trocha, avance y desplazamiento lateral de ruedas)

Equipo: Puente grúa U - 17 - 1

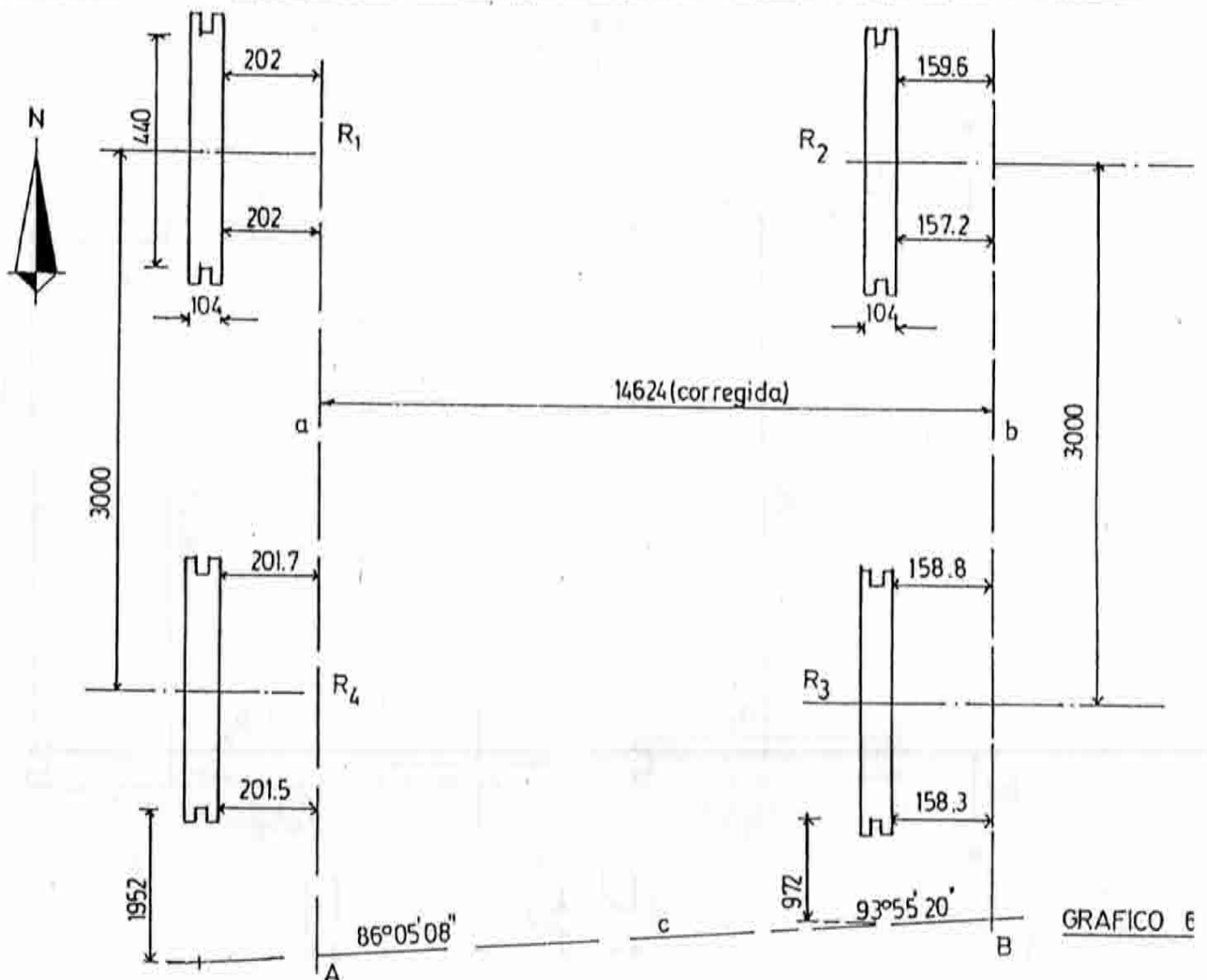
Nave 1

Planta: I

Empresa: EMU S.A.

Ubicación: Rosario - Santa Fe.

DATOS DE LIBRETA



1- Sistema de referencia

Se trabajó simultáneamente con dos teodolitos, uno estacionado en A y el otro en B.

Estación en A: se aprovechó el techo de una oficina existente. El teodolito fue ubicado más abajo que el puente grúa. La línea de referenci

a se ubicó sobre la cara interna de las ruedas.

Estación en B: se efectuó sobre la viga de rodadura. El teodolito fue ubicado más arriba que el puente'grúa. La línea de referencia b pasó del lado exterior de las ruedas.

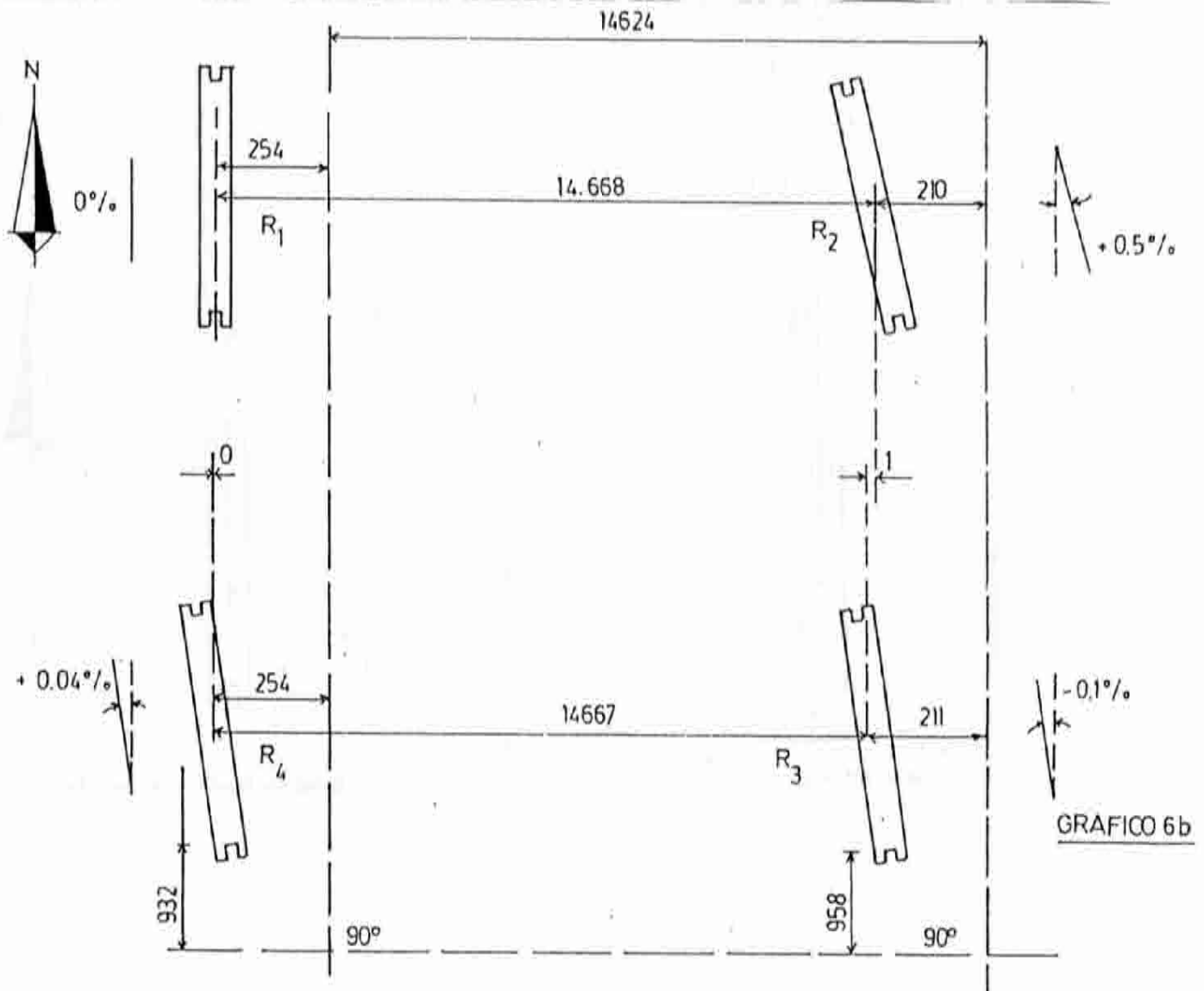
Se trabajó en forma independiente en ambas estaciones y recién al final se las vinculó midiendo los ángulos \hat{A} y \hat{B} .

Como vemos $\hat{A} + \hat{B} = 180^{\circ} 00' 28''$ lo que indica que a y b son sensiblemente paralelas a pesar de haber sido establecidas por separado.

La influencia de los $00' 28''$ la despreciamos puesto que equivale a una inclinación de 0,013 % muy inferior a la menor tolerancia.

2- Modificación del sistema de referencia.

Giro c hasta que $\hat{B} = 90^{\circ}$ y calculo los valores correspondientes a avance, alineación, trocha y desplazamiento lateral.



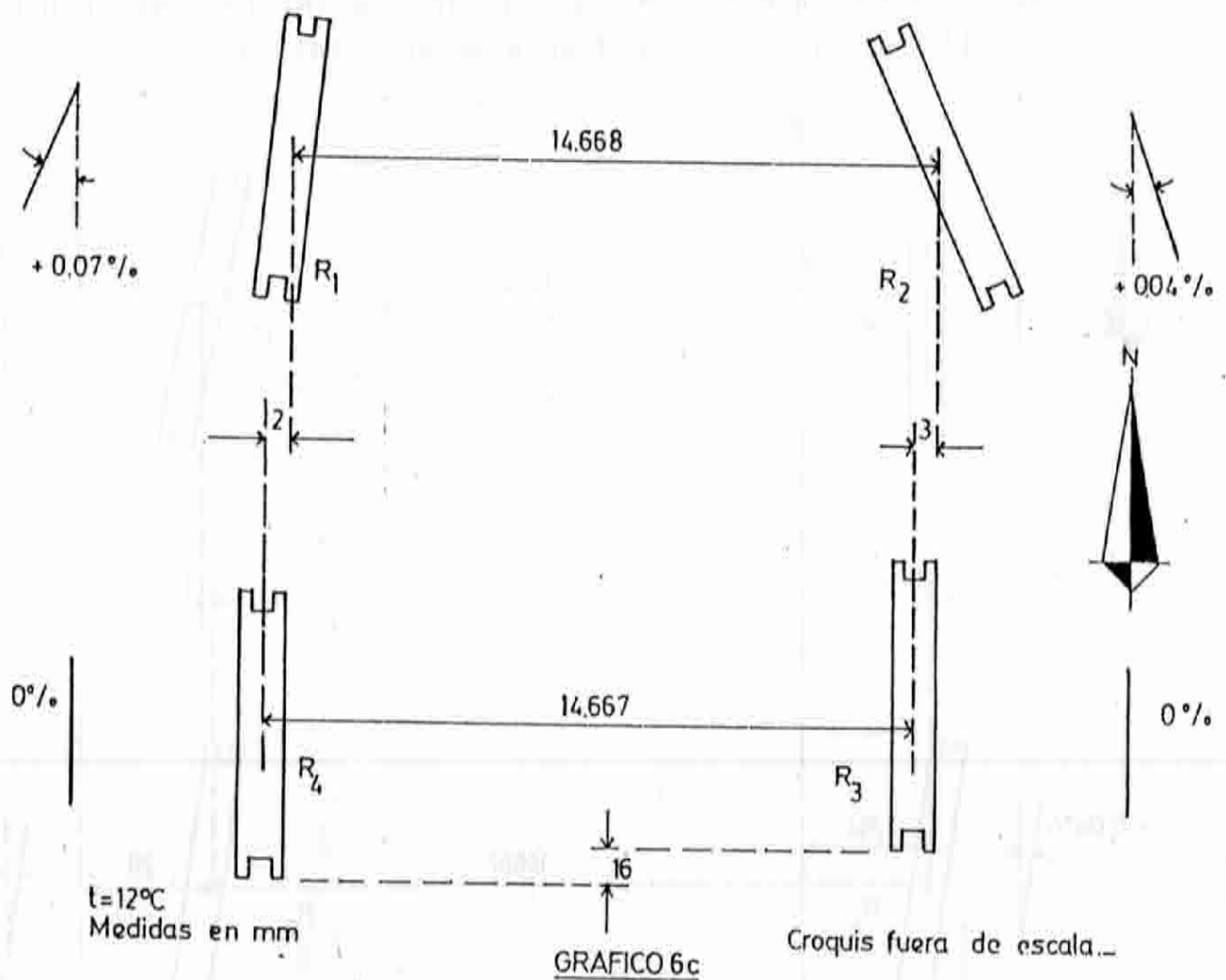
A continuación giro todo el sistema en sentido inverso a las agujas del reloj buscando una mejor posición de los ejes.

Adopto un giro de $0,07\%$, con lo cual el error de alineación en R_1 y R_4 se hace despreciable, en R_2 disminuye y en R_3 prácticamente no sale de tolerancia. A la vez se mejora el avance.

Por el contrario el desplazamiento lateral se hace más notorio, pero generalmente éste es más fácil de corregir.

El informe se indica en gráfico 6c.

NOTA: en la información recibida se carece de datos respecto a la trocha original del puente grúa.



TOLERANCIAS (1)RIELES1-TROCHA

FEM: Federación Europea del Mantenimiento.

a) en puente grúa con rodillo guía.

para $t \leq 15$ m $\Delta t: \pm 3$ mm

para $t > 15$ m $\Delta t: \pm [3 + 0,25 (t - 15)]$ mm; (t en metros)

b) en puente grúa sin rodillo guía los valores se triplican salvo

Δt máximo: ± 25 mm.

AISE: Normas AISE Nº 13 (EEUU)

$\Delta t: \pm 0,04 \% t$

DIN: Normas DIN 4132 (Alemania)

$t \leq 15$ m $\Delta t: \pm 5$ mm

$t > 15$ m $\Delta t: \pm [5 + 0,25 (t - 15)]$ mm; (t en metros)

SUNDAKOV (URSS)

$\Delta t: \pm 10$ mm

2-ALINEACIONFEM

desvío máximo: 10 mm

desvío parcial: 0,05 % (sin rodillo guía puede ser mayor)

AISE

desvío máximo: 13 mm

desvío parcial: 0,04 %

DIN

desvío máximo: 13 mm

desvío parcial: 0,05 % (no se modifica con o sin rodillo guía)

3-NIVELACION (tener en cuenta que hay casos con contraflecha)FEM

Δh transversal: 10 mm

Δh longitudinal total: 10 mm

Δh longitudinal parcial: 0,1 %

AISE

Δh transversal: 0,04 % de trocha

Δh longitudinal total: 13 mm

Δh longitudinal parcial: 0,04 %

SUNDAKOV

Δh transversal: 15 mm

VIGAS

(1) vigentes al año 1985

1-ALINEACION Y TROCHA.

Se amplían las correspondientes a rieles de acuerdo a lo indica a continuación

FEM

$$v \leq a/2$$

AISE

$$v \leq \frac{1}{4} a$$

SUNDAKOV

$$v \leq 15 \text{ mm}$$

2-NIVELACION

Las mismas que para riel. Tener en cuenta casos con contraflecha

COLUMNAS

VERTICALIDAD

En general es de 1/500, pero en el sentido transversal no debe exceder el desvío máximo admitido para la viga.

RUEDAS

1-TROCHA

FEM

$$\text{para } t \leq 15 \text{ m} \quad \Delta t: \pm 2 \text{ mm}$$

$$\text{para } t > 15 \text{ m} \quad \Delta t: \pm [2 + 0,15 (t - 15)] \text{ mm}; t \text{ en metros}$$

$$\Delta t \text{ máximo: } \pm 15 \text{ mm}$$

CLEVELAND CRANE

- hasta 6 mm inferior a la teórica

- la diferencia de trocha entre "delanteras" y "traseras" : 2 mm

2-ALINEACION

$$\text{FEM: } \pm 0,04 \%$$

$$\text{CLEVELAND: } + 0,13 \%$$

3-AVANCE

$$\text{CLEVELAND: } \pm 6 \text{ mm}$$

4-DESPLAZAMIENTO LATERAL

$$\text{FEM: hasta } 2 \text{ mm}$$

5-VERTICALIDAD

$$\text{FEM: } + 0,2 \%$$

$$- 0,05 \%$$

$$\text{CLEVELAND: } \pm 0,13 \%$$

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Tratado General de Topografía. W. Jordan. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
- Topografía General y Aplicada. F. Domínguez García-Tejero. Editorial Dossat, S.A. Madrid.
- Topografía. J. A. Sandover. Compañía Editorial Continental S.A., México.
- Topografía Mecánica y de Estructuras. J. Expósito de Bata. Ediciones CEAC. Barcelona.
- Trabajos Geodésicos en la Construcción de Grandes Obras Industriales y Altos Edificios. Ya. A. Sundakov. Editorial Mir. Moscú.
- Federation Europeenne de la Manutention-Rules for the design of hoisting appliances.
- Normas AISE (Association of Iron and Steel Engineers) Nº 13. (Estados Unidos de Norte América).
- Normas DIN (Deutsche Norm) Nº 4132 (Alemania Federal).

Texto original del año 1985.
Corregido en 1992.

