

**MISURE SULLE ROTAIE E SULLE RUOTE
AZIMUTALI DEI RADIOTELESCOPI
PARABOLOIDALI DI MEDICINA E DI NOTO**

P. Zacchiroli, M. Morsiani, G. Grueff

Rapporto interno IRA - 183/94

File : \\386cc\c:\kermit\rotaia.doc

Misure sulle rotaie e sulle ruote Azimutali
dei Radiotelescopi paraboloidali
di Medicina e di Noto

P. Zacchiroli, M.Morsiani e G.Grueff

Introduzione

Nell'autunno 1992 misure effettuate sulla rotaia Azimutale del Radiotelescopio Paraboloidale di Medicina avevano mostrato che la superficie della rotaia, originalmente allineata orizzontale entro una tolleranza di 2 primi d'arco, risultava inclinata verso l'interno di un angolo pari a circa 10 primi. Nel corso di queste misure si era anche constatato che le estremita' di ogni settore di rotaia avevano sviluppato piccole fessurazioni, che apparivano dovute a stress da fatica. Inoltre, da tempo era noto che in corrispondenza di ogni giunto la superficie della rotaia aveva sviluppato piccoli avvallamenti, dell'ordine di 0.3 mm di profondita' max. per una lunghezza di alcuni cm.

A seguito di questi rilievi venne chiesto un intervento della Ditta costruttrice, e nel maggio 93 venne effettuato un sopralluogo dall'ing. Busetti della Ditta TIW per conto della Ditta SAE. In data 14 ottobre 93 l'ing. Busetti presentava una relazione scritta (rif. 1) nella quale si confermavano gli effetti suddetti, e se ne presentava una analisi quantitativa mediante modellazione numerica della rotaia, con un modello non-lineare agli elementi finiti.

L'interpretazione del fenomeno presentata in questo rapporto era la seguente. Il processo di piegatura a freddo della rotaia aveva lasciato degli stress residui nel materiale. Tali stress, all'interno della curvatura, venivano a sommarsi a quelli indotti dal carico delle ruote, mentre all'esterno essi si sottraevano; la asimmetria di questa situazione a lungo andare avrebbe provocato l'inclinazione della rotaia verso l'interno.

Le conclusioni della relazione TIW-SAE erano che, se da un lato l'inclinazione della rotaia non costituiva un inconveniente, d'altro lato la presenza di microfessurazioni alle estremita' dei settori imponeva la sostituzione della rotaia.

Allo scopo di chiarire ulteriormente il meccanismo che aveva portato ad una deformazione permanente della rotaia, e per cercare di capire se una sostituzione della rotaia avrebbe comportato anche la necessita' di riallineare le ruote, abbiamo deciso di procedere ad ulteriori misurazioni, che sono descritte in quanto segue.

2) - Misure preliminari sulla rotaia di Medicina

La figura 1 mostra una sezione della rotaia, e indica la posizione di due comparatori centesimali, che sono stati piazzati per determinare il cedimento della rotaia nella condizione di carico imposta da una ruota.

Ricordiamo che il peso dell'antenna (circa 270 T) non e' ripartito egualmente sulle quattro ruote Azimutali, ma grava per circa 86 T sulle ruote "anteriori" (cioe' quelle collegate con i riduttori ed i motori Azimutali) e per circa 48 T su quelle posteriori (libere). Questa asimmetria e' causata dalla struttura asimmetrica dell'Alidada.

I due comparatori mostrati in fig.1 sono stati ancorati alla rotaia stessa, ma a circa 30 cm di distanza dal punto di effettuazione della misura, cioe' il punto in cui la ruota grava sulla rotaia. L'antenna e' stata poi ruotata di qualche grado in Azimuth (1 grado = circa 16 cm sulla rotaia, il cui raggio di curvatura e' 9 m.) in modo da misurare il cedimento della rotaia al passaggio della ruota.

Questa misura preliminare ha messo in evidenza che il cedimento e' maggiore all'interno che all'esterno, come se la ruota, con il suo passaggio, forzasse la rotaia ad inclinarsi ulteriormente verso l'interno. Questo e' risultato particolarmente evidente per una delle ruote, che sembra provocare una ulteriore deformazione (apparentemente elastica) della rotaia di parecchi primi.

Una possibile interpretazione di questo effetto e' che la ruota sia disallineata di una quantita' notevole, e che questo disallineamento sia la causa principale della deformazione permanente della rotaia. Se questa ipotesi e' corretta e' chiaro che non basta sostituire la rotaia, ma e' anche necessario riallineare le ruote (e capire la causa del disallineamento).

Una misura accurata dell'angolo di camber (o campanatura) delle ruote (angolo tra l'asse di rotazione delle ruote e il piano della rotaia) ha richiesto la fabbricazione di una interfaccia meccanica, descritta nella prossima sezione.

3) - Interfaccia meccanica per la misura dell'angolo di camber delle ruote Azimutali.

All'atto dell'allineamento costruttivo (ref. 2) l'angolo di camber era stato misurato con un clinometro di precisione appoggiato alla faccia interna dell'asse delle ruote, che offriva una superficie lavorata con sufficiente precisione (fig.2). Questa procedura e' resa ora impossibile dalla presenza dei riduttori Azimutali. Dato che la faccia esterna offre insufficienti garanzie di precisione. Si e' deciso pertanto di costruire un adattatore per trasportare all'esterno un prolungamento materiale dell'asse di rotazione della ruota, sul quale appoggiare una livella di precisione. Allo scopo si e' fatto uso del foro di precisione, presente in corrispondenza dell'asse di rotazione, previsto in origine per il piazzamento di un cannocchiale al fine di effettuare l'allineamento tangenziale della ruota (toe-in, vedi ref. 2 e fig.4).

La livella a nostra disposizione ha una ottima sensibilita' di lettura (circa 2 sec. d'arco) ma un campo di misura limitato a circa 20 primi. Si e' reso quindi necessario approntare un cuneo di precisione, da interporre tra l'adattatore e la livella, che e' stato costruito con l'angolatura del camber nominale di $2^{\circ}52'$ in modo da far lavorare la livella sullo zero.

Queste due parti meccaniche di precisione sono state costruite dalla Ditta Zocca, e sono mostrate in fig. 3, con le rispettive tolleranze di fabbricazione.

Le viti di regolazione, indicate in fig.3, ed un comparatore opportunamente piazzato (fig.4), unitamente ad una rotazione dell'antenna in Azimuth, permettono l'allineamento della prolunga con l'asse vero di rotazione a meno di circa 20 secondi d'arco.

4) - Misure sulla rotaia Azimutale dell'antenna di Noto

Per ragioni logistiche l'attrezzatura precedentemente descritta e' stata adoperata per la prima volta sull'antenna di Noto.

Riportiamo dettagliatamente in questa sezione le misure effettuate nel corso della settimana dal 11 al 15 aprile 94.

In fig.5 e' schematizzata la posizione dei 12 segmenti che compongono la rotaia, e delle quattro ruote quando l'antenna e' in stow-position. La numerazione indicata e' mantenuta anche per l'antenna di Medicina.

La livella e' stata appoggiata radialmente, circa al centro di ogni settore, su due spessori calibrati di 0.1 mm, posti ai bordi della rotaia. Cio' per evitare ambiguita' dovute a possibili, lievi curvature della superficie della rotaia.

I valori in primi si ottengono sottraendo 10 dal dato livella (non perfetta eguaglianza dei due spessori) e dividendo per 30 (l'unita' di livella vale 2 sec. d'arco).

La Tabella 1 mostra le misure di inclinazione effettuate sulla rotaia.

Tabella 1

settore	livella	primi d'arco
1	+170	+5.3
2	250	7.7
3	175	5.5
4	100	3.0
5	202	6.4
6	170	5.3
7	194	6.1
8	170	5.3
9	180	5.7
10	166	5.2
11	135	4.2
12	185	5.8

media 5.5 scarto q. m. 1.1

Come si vede, la deformazione della rotaia e' molto uniforme, con solo due settori scostati dalla media per piu' di 2 primi. La direzione della pendenza e' verso l'interno come a Medicina, ma l'entita' della deformazione e' molto minore. Ricordiamo che l'antenna di Medicina e' in funzione da 10 anni, contro i 5 dell'antenna di Noto. Inoltre, la schedulazione dell'antenna di Medicina e' stata alquanto piu' intensa.

Si e' proceduto poi a misurare l'angolo di camber per le quattro ruote. Esso e' stato misurato posizionando le ruote sempre nello stesso tratto di rotaia, cambiando opportunamente l'Azimuth dell'antenna.

La Tabella 2 riporta i risultati.

Tabella 2

ruota	livella	camber (*)	AZ
1	+530	17.7	40°
2	+175	5.8	300
3	+180	6.0	220
4	+135	4.5	130

* Nota: l'angolo di camber e' dato in primi come differenza tra quello misurato e quello nominale.

Si puo' vedere che mentre le ruote 2,3,4 hanno l'angolo di camber alterato di una quantita' sostanzialmente identica alla deformazione permanente della rotaia, la ruota N°1 ha un errore molto superiore, nel verso della deformazione.

Una accurata ispezione dell'usura della superficie delle ruote (la cui larghezza supera quella della rotaia, vedi fig.4) ha mostrato che mentre le ruote 2,3,4 rotolano in posizione radiale sostanzialmente corretta, la ruota 1 e' spostata radialmente verso l'esterno di circa 6 mm.

A questo punto e' opportuno ricordare che circa due anni fa era accaduto che la ganascia anti-ribaltamento interna della ruota 1 aveva iniziato a strisciare contro la rotaia, ed era stata di conseguenza riaggiustata. A questo fatto non venne pero' associato alcun particolare significato, anche perche' mancavano dati che indicassero qual'era la posizione esatta della ganascia antiribaltamento in precedenza. Occorre pero' ricordare che lo stesso fatto si era verificato in precedenza piu' volte anche a Medicina, richiedendo il riallineamento delle ganasce antiribaltamento, senza che purtroppo a questo fatto venisse associata particolare importanza.

Sembra ora chiaro che la pendenza verso l'interno della rotaia e' forzata da un progressivo disallineamento di una o piu' ruote, con conseguente aumento dell'angolo di camber.

Cio' non esclude, ovviamente, che la presenza di tensioni interne asimmetriche nella rotaia abbia aggravato il fenomeno.

Dai dati precedenti e' possibile calcolare intorno a quale punto e' avvenuto il cedimento responsabile della variazione dell'angolo di camber.

Se partiamo dal fatto che il camber della ruota 1 di Noto e' aumentato di 17.7 primi e a questo angolo associamo lo spostamento radiale di 6 mm, ne deriva che la distanza tra la rotaia e il punto attorno a cui ruota l'angolo di camber e' a circa 1.2 metri. Questo punto corrisponde al centro delle travature che formano il lato inferiore dell'Alidada.

Le misure a Noto sono proseguite con la misura del cedimento della rotaia al passaggio delle ruote N. 1 e 3.

Le misure sono state effettuate nello stesso punto della rotaia in cui e' stato misurato il camber. I risultati sono stati i seguenti:

Ruota 3	cedimento (mm, max.)	
	1	0.16
	2	0.17
	3	0.045
	4	0.06

Ruota 1	1	0.245
	2	0.210

- Note: 1)- i punti 1 e 3 sono all'interno, 2-4 all'esterno.
2)- i punti 1-2 sono quelli indicati in fig.1, e misurano il cedimento totale, mentre quelli 3-4 sono sul piede della rotaia e misurano il cedimento della stuccatura (grout).
3)- In questa misura, a differenza che nelle misure preliminari a Medicina, i comparatori sono stati ancorati alla fondazione in posizione sicuramente non disturbata dal passaggio della ruota.

Il passaggio della ruota 3 sembra non sollecitare ulteriormente la rotaia a deformarsi verso l'interno, mentre e' evidente che la ruota 1 forza una ulteriore rotazione con il suo passaggio.

E' da notare che i cedimenti osservati per entrambe le ruote iniziano quando il carico dista dal punto di misura di circa 15 cm, aumentano gradatamente fino al valore massimo mantenendosi uguali all'interno e all'esterno (anche per la ruota 1) fino alla distanza di circa 2 cm. A questa distanza inizia ad osservarsi una differenza esterno/interno per la ruota 1, che raggiunge rapidamente il valore massimo per annullarsi nuovamente nell'arco di circa 4 cm.

Il rapporto dei cedimenti max. ruota1/ruota2 e' di 1.38, abbastanza diverso da quello dei rispettivi carichi che e' di 1.79, ma consistente con esso.

Infine, si e' proceduto a verificare la conicita' della superficie delle ruote, in particolare delle 1 e 4. La verifica e' stata resa possibile dal fatto che i bordi delle ruote, non toccando mai la rotaia (che e' piu' stretta della ruota) presumibilmente riflettono la situazione originale. Si e' osservato un consumo regolare di circa 0.1 mm senza cambiamento della conicita'.

Si e' osservata la situazione schematizzata in fig.6

Si evidenzia un leggerissimo ricalco ai bordi, osservabile in particolare nella ruota 4. L'avallamento nella zona di lavoro e' molto regolare e non presenta conicita'.

5)- Misure sulla rotaia Azimutale di Medicina.

Le misure riportate in questa sezione sono state effettuate a Medicina dal 18 al 26 Aprile 94.

La Tabella 3 mostra le misure di inclinazione radiale della rotaia, effettuate con la stessa strumentazione e con le stesse modalita' usate per l'antenna di Noto.

Tabella 3

settore	primi d'arco
1	+ 13.7
2	14.1
3	12.5
4	10.6
5	12.1
6	12.1
7	11.6
8	11.2
9	8.4
10	10.2
11	14.8
12	9.3

media 11.7 scarto q. m. 1.9

Come si vede, la situazione a Medicina e' notevolmente peggiore, sia per l'elevato valore medio della pendenza, sia per la dispersione tra un settore e l'altro.

Si e' proceduto a misurare l'angolo di camber delle quattro ruote, e il loro scostamento radiale rispetto alla rotaia.

Questi dati sono stati ottenuti posizionando le ruote sempre sullo stesso settore, il N°5, scelto per essere vicino al valore medio come pendenza, e in buone condizioni per quanto riguarda la stuccatura (grout).

Si sono ottenuti i risultati di Tabella 4:

Tabella 4

ruota	camber	scost. radiale	AZ
1	20.5	6.5	275
2	18.6	2.2	185
3	18.2	-2.0	95
4	34.8	12.6	5

Anche qui l'angolo di camber e' dato in primi come differenza tra il valore misurato e il valore nominale; lo scostamento radiale e' in mm e il segno + significa uno scostamento verso l'esterno.

Tutte e quattro le ruote hanno un angolo di camber alterato nello stesso verso e di una quantita' significativamente superiore all'inclinazione della rotaia. La ruota N°4 pero' ha un errore particolarmente elevato.

E' anche evidente una buona correlazione tra l'errore nel camber e l'errore nella posizione radiale della ruota. Tuttavia quest'ultimo, essendo misurato rispetto alla rotaia, risente anche degli errori di allineamento radiale della rotaia stessa, che nel caso di Medicina sono consistenti. Per esempio, posizionando le ruote sul settore N°7 anziche' sul 5, si ottengono scostamenti radiali piu' elevati di circa 6 mm, quantita' che evidentemente riflette la differente posizione radiale dei settori 5 e 7.

Considerando il valore medio dello scostamento radiale della ruota N°4 (mm 16) e l'errore nell'angolo di camber (35 primi) si ottiene che il centro di rotazione in fuori del gruppo ruota-supporto starebbe a circa m 1.6 sopra la rotaia.

Si e' poi proceduto alla misura del cedimento della rotaia al passaggio delle ruote. Sono state usate le ruote N°4 (la piu' disallineata, e una delle due gravate da maggior carico) e la N°3 (con minor carico, e con il minimo errore nel camber). Data la rilevante entita' dei disallineamenti riscontrati, la misura e' stata effettuata con una procedura leggermente diversa che a Noto, cioe' si e' misurato il cedimento in funzione della distanza ruota-comparatore, anziche' limitarsi a misurare il cedimento massimo, che naturalmente si osserva quando la ruota e' proprio sopra al comparatore.

I risultati sono mostrati nelle Tabelle da 5 a 8.

Naturalmente anche in queste misure si e' avuta cura di ancorare i comparatori alla fondazione, in posizione sicuramente non perturbata dal passaggio della ruota. Inoltre, dopo ogni serie di misure la ruota e' stata riportata nella posizione iniziale, per accertare il ritorno a zero dei comparatori. Nelle Tabelle, la posizione della ruota sulla rotaia e' data come angolo di Azimuth dell'antenna (si ricordi che il raggio della rotaia e' di 9 metri per cui un grado di AZ equivale a 16 cm sulla rotaia).

Tabella 5

Ruota N°3 - comparatori sul piede

AZ	3-interno	4-esterno
92.500	0.00	0.00
93.000	0.00	0.00
93.500	0.00	0.00
94.000	+0.01	+0.01
94.500	0.04	0.04
95.000	0.04	0.04
95.500	0.025	0.02
96.000	0.01	0.01
96.500	0.01	0.01
97.000	0.00	0.00
92.500	0.00	0.00

Tabella 6

Ruota N°3 - comparatori sulla testa

AZ	1-interno	2-esterno
92.500	0.00	0.00
93.000	0.00	0.00
93.500	+0.01	+0.01
93.750	+0.015	+0.02
94.000	0.025	0.03
94.250	0.06	0.03
94.500	0.085	0.055
94.600	0.095	0.07
94.700	0.11	0.09
94.800	0.125	0.105
94.900	0.13	0.11
95.000	0.12	0.10
95.100	0.10	0.09
95.200	0.075	0.08
95.300	0.06	0.08
95.550	0.03	0.05
95.800	0.01	0.03
96.050	0.01	0.03
96.550	-0.01	0.02
97.050	-0.03	0.01
97.550	-0.04	0.01
92.500	0.00	0.00

Tabella 7

Ruota N°4 - comparatori sul piede

AZ	3-interno	4-esterno
2.500	0.00	0.00
3.000	0.00	0.00
3.500	0.00	0.00
4.000	+0.015	+0.02
4.500	0.06	0.05
5.000	0.06	0.05
5.500	0.05	0.05
6.000	0.03	0.03
6.500	0.01	0.01
7.000	0.00	0.00
2.500	0.00	0.00

Tabella 8

Ruota N°4 - comparatori sulla testa

AZ	1-interno	2-esterno
2.500	0.00	0.00
3.000	0.00	0.00
3.500	+0.02	0.00
4.000	0.06	+0.01
4.250	0.10	0.02
4.500	0.14	0.06
4.600	0.16	0.08
4.700	0.19	0.10
4.800	0.215	0.125
4.900	0.225	0.14
5.000	0.22	0.13
5.100	0.195	0.11
5.200	0.16	0.10
5.300	0.13	0.09
5.500	0.09	0.06
5.750	0.05	0.045
6.000	0.02	0.04
6.500	0.00	0.03
7.000	-0.02	0.02
7.500	-0.04	0.01
2.500	0.00	0.00

Parecchi effetti sono evidenti nei dati delle tabelle 5-8, non tutti di facile interpretazione.

Consideriamo i dati relativi alla ruota N°4; il suo passaggio forza la testa della rotaia ad una rotazione addizionale verso l'interno di circa 0.001 rad. (i comparatori interno ed esterno sono separati fra di loro di circa 90 mm) ossia di 3.4 primi d'arco.

Il cedimento differenziale della testa (interno-esterno) inizia quando la ruota si trova a circa 22 cm dai comparatori, raggiunge il suo valore massimo a circa 13 cm, si mantiene notevolmente costante per circa 16 cm per annullarsi poi abbastanza rapidamente. Il comportamento sembra alquanto diverso da quello della ruota N°1 a Noto.

I cedimenti indotti dalla ruota N°3 sono proporzionalmente piu' piccoli, il rapporto dei valori massimi ruota N°4/ruota N°3 e' 1.58, piu' simile al rapporto dei carichi sulle ruote. Anche questa ruota inclina la rotaia ulteriormente verso l'interno, ma in misura tre o quattro volte inferiore.

Per quanto riguarda il piede della rotaia, non sembra esserci differenza significativa tra i cedimenti interni ed esterni, per entrambe le ruote.

Il cedimento differenziale provocato dalla ruota N°4, pur essendo molto grande, e' tuttavia molto inferiore all'errore di camber della ruota stessa. Abbiamo quindi ispezionato accuratamente la ruota, per vedere se esistevano indizi di una variazione di conicità'. Poiche' lo scostamento radiale e' cosi' forte da portare il bordo interno della ruota a lavorare all'interno della rotaia (cosa che non si verifica mai per nessuna ruota a Noto) non e' possibile una misura accurata, in quanto manca un riferimento ad una superficie priva di usura. Tuttavia, sembra evidente un consumo piuttosto forte della parte interna; purtroppo la configurazione meccanica del supporto della ruota rende molto problematica una verifica diretta della conicità'. Appoggiando uno spigolo di riscontro sulla superficie della ruota, la situazione sembra descrivibile come in fig. 7.

Infine, sono stati misurati i cedimenti della rotaia in corrispondenza di un giunto (quello tra il settore 7 e 8) al passaggio della ruota N°4. I risultati sono stati i seguenti:

sotto la testa:	interno (punta)	0.60 mm
	esterno	0.14
sul piede :	interno	0.10
	esterno	0.05

Concluderemo questa sezione riportando il fatto che per la ruota N°1 l'allineamento del prolungamento esterno dell'asse (vedi fig. 5) e' risultato molto problematico, nel senso che, se la ruota effettuava piu' di circa tre quarti di giro, l'asse sembrava uscire rapidamente di allineamento, per una quantita' dell'ordine di alcuni primi. Questo effetto, che comunque non ha impedito una misura del camber ragionevolmente accurata, potrebbe avere molte cause, fra cui citiamo un disallineamento forte in direzione tangenziale (toe-in), che durante il movimento in Azimuth provocherebbe un progressivo spostamento radiale della ruota, che verrebbe recuperato con un piccolo slittamento, all'incirca ad ogni giro; oppure l'effetto potrebbe essere provocato da un cuscinetto in cattive condizioni. Saranno necessarie ulteriori indagini per accertare le cause di questo fatto.

6) - Conclusioni

Le misurazioni effettuate sulle rotaie e sulle ruote Azimutali delle antenne di Noto e di Medicina, presentate in questo rapporto, hanno confermato l'inclinazione verso l'interno della superficie della rotaia, precedentemente osservata a Medicina, anche per l'antenna di Noto; inoltre esse mostrano che, in particolare a Medicina, l'angolo di camber delle ruote Azimutali e' cambiato rispetto all'allineamento iniziale.

La nostra interpretazione dei dati presentati e' la seguente.

- Medicina -

Le ruote si sono disallineate col tempo, nel senso di aumentare l'angolo di camber, sotto la spinta del carico supportato. Questo disallineamento e' particolarmente evidente per le due ruote sottoposte a maggior carico, in particolare per la ruota N°4. Il disallineamento e' stato progressivo, ed ha portato alla necessita' di spessorare ripetutamente alcune delle ganasce interne anti-ribaltamento che avevano iniziato a strisciare contro la rotaia, poiche' l'aumento dell'angolo di camber ha comportato anche uno spostamento radiale delle ruote verso l'esterno.

Causa di questo disallineamento puo' essere stato un insufficiente serraggio dei bulloni, unito al fatto che tutti i giunti dell'antenna arrivarono in cantiere completamente verniciati, e non solo con il primer zincante, come invece richiedevano le specifiche progettuali.

Il disallineamento delle ruote, e in particolare quello della ruota N°4, ha portato a sollecitazioni della rotaia non previste, ed alla sua deformazione permanente. Non e' chiaro per la verita' se l'attuale inclinazione della superficie della rotaia verso l'interno sia frutto di usura o di deformazione plastica: probabilmente sono presenti entrambi gli effetti.

Naturalmente, la presenza nel materiale di tensioni asimmetriche, residuo della piegatura della rotaia, evidenziate dallo studio presentato dalla Ditta TIW, puo' avere favorito la deformazione, ma non puo' pero' esserne stata la causa, dal momento che la variazione dell'angolo di camber delle ruote e' notevolmente maggiore dell'angolo di cui si e' deformata la rotaia. Il disallineamento delle ruote e' cosi' forte che la rotaia continua ad essere sollecitata ad ulteriori deformazioni.

- Noto -

La situazione e' analoga, anche se molto meno accentuata. Una sola delle ruote appare disallineata di una quantita' maggiore dell'angolo di deformazione della rotaia, e ne e' quindi secondo noi la causa. Il disallineamento e' tale da sollecitare la rotaia ad ulteriori deformazioni.

Anche in questo caso, tutti i giunti arrivarono in cantiere verniciati completamente, anziche' con il solo primer. Tuttavia prima del montaggio fu possibile ottenere che essi fossero completamente sverniciati, e protetti con il solo primer; questo apparentemente non ha impedito che una ruota si disallineasse, ed e' questa ruota che ha forzato (e forza tuttora) l'inclinazione della rotaia.

Per quanto riguarda il problema dei piccoli avvallamenti e delle fessurazioni presenti alle estremita' dei settori, (presenti queste ultime, in misura molto modesta, anche a Noto) esso e' certamente aggravato dalla situazione di disallineamento delle ruote. Tuttavia, e' probabile che il problema si sarebbe presentato, almeno in parte, anche in assenza di disallineamento, e che la sua causa sia una effettiva debolezza della rotaia in corrispondenza dei giunti, come evidenziano molto bene i cedimenti forti indotti dal passaggio della ruota.

Concludendo, riteniamo che siano necessari, con urgenza, i seguenti interventi:

1)- Riallineamento dell'angolo di camber della ruota N°1 di Noto. Questo dovrebbe porre termine alla sollecitazione anomala della rotaia. La ruota in questione dovrebbe essere allineata non al camber di progetto ($2^{\circ}52'$) ma ad un angolo maggiorato di circa 5 o 6 primi.

2)- Sostituzione della rotaia di Medicina con una simile, eventualmente con sezione maggiorata leggermente, cercando di migliorare se possibile la situazione di debolezza dei giunti.

3)- Controllo della conicita' delle ruote di Medicina, almeno per la ruota N°4, per la quale potrebbe essere necessaria la sostituzione.

4)- Riallineamento al valore nominale del camber di tutte e quattro le ruote di Medicina, e controllo del toe-in. Controllo dello stato dei cuscinetti, almeno per la ruota N°1.

Infine, per entrambe le antenne, andrebbe studiata la fattibilita' di procedere a saldare tutti i giunti della base dell'alidada, o almeno quelli che risultassero indiziati di essere i piu' critici, o come minimo occorrerebbe procedere al

controllo del serraggio dei bulloni, in modo da evitare il verificarsi di ulteriori disallineamenti.

Referenze

- 1) Rapporto TIW 1993
- 2) Procedure di allineamento TIW, 1981.

- fig.1 - sezione di rotaia con due comparatori sulla testa
- fig.2 - ruota con clinometro (dalle procedure di alln.TIW)
- fig.3 - disegni costruttivi delle parti fatte dallo S.T. Zocca
- fig.4 - ruota con asse prolungato, comparatore, cuneo per livella e livella, con sottostante rotaia (sezione)
- fig.5 - schema delle posizioni dei 12 segmenti e delle ruote con antenna in stow
- fig.6 - schematizzazione del consumo delle ruote a Noto
- fig.7 - schematizzazione del consumo delle ruote a Medicina

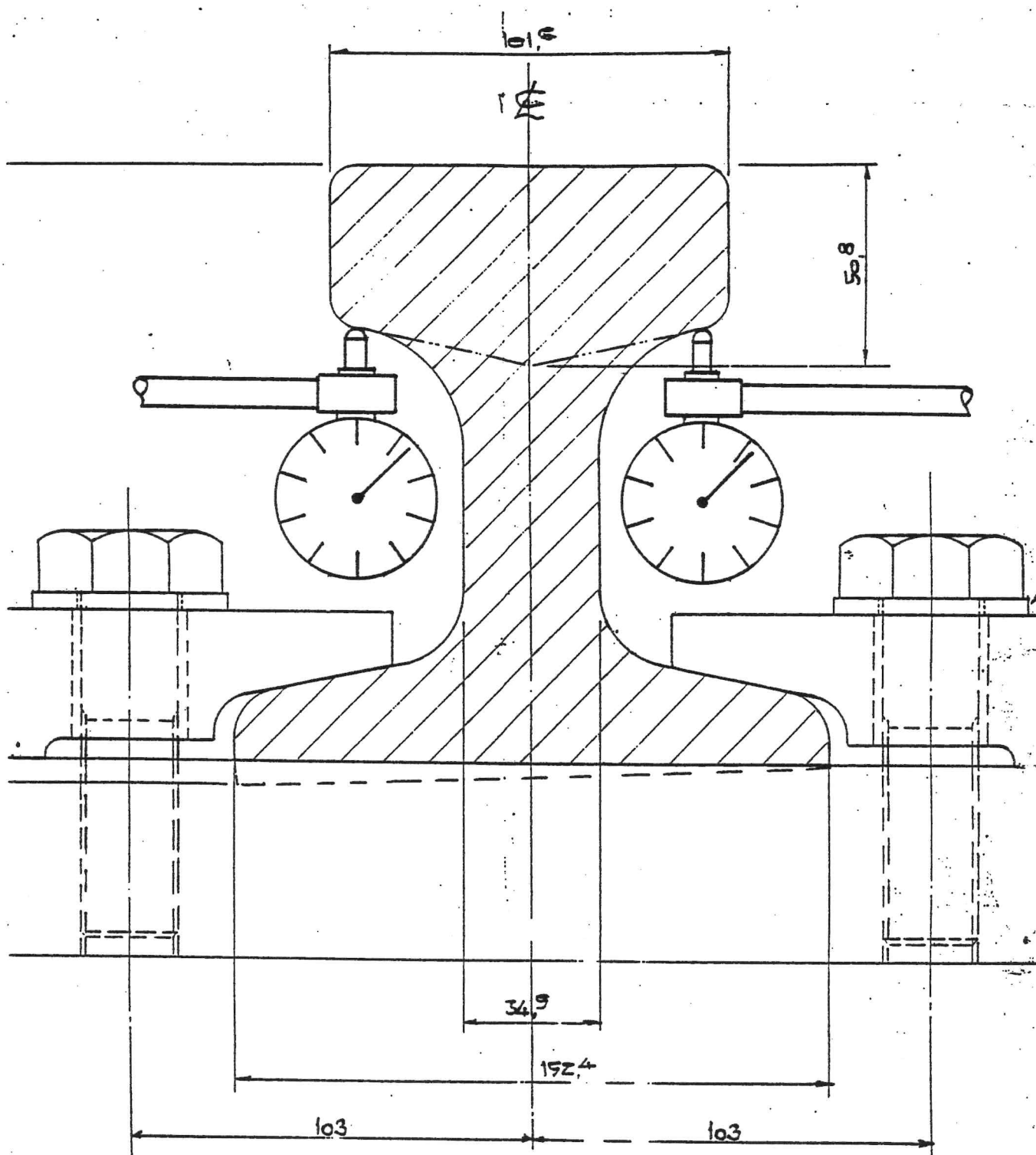


FIG. 1

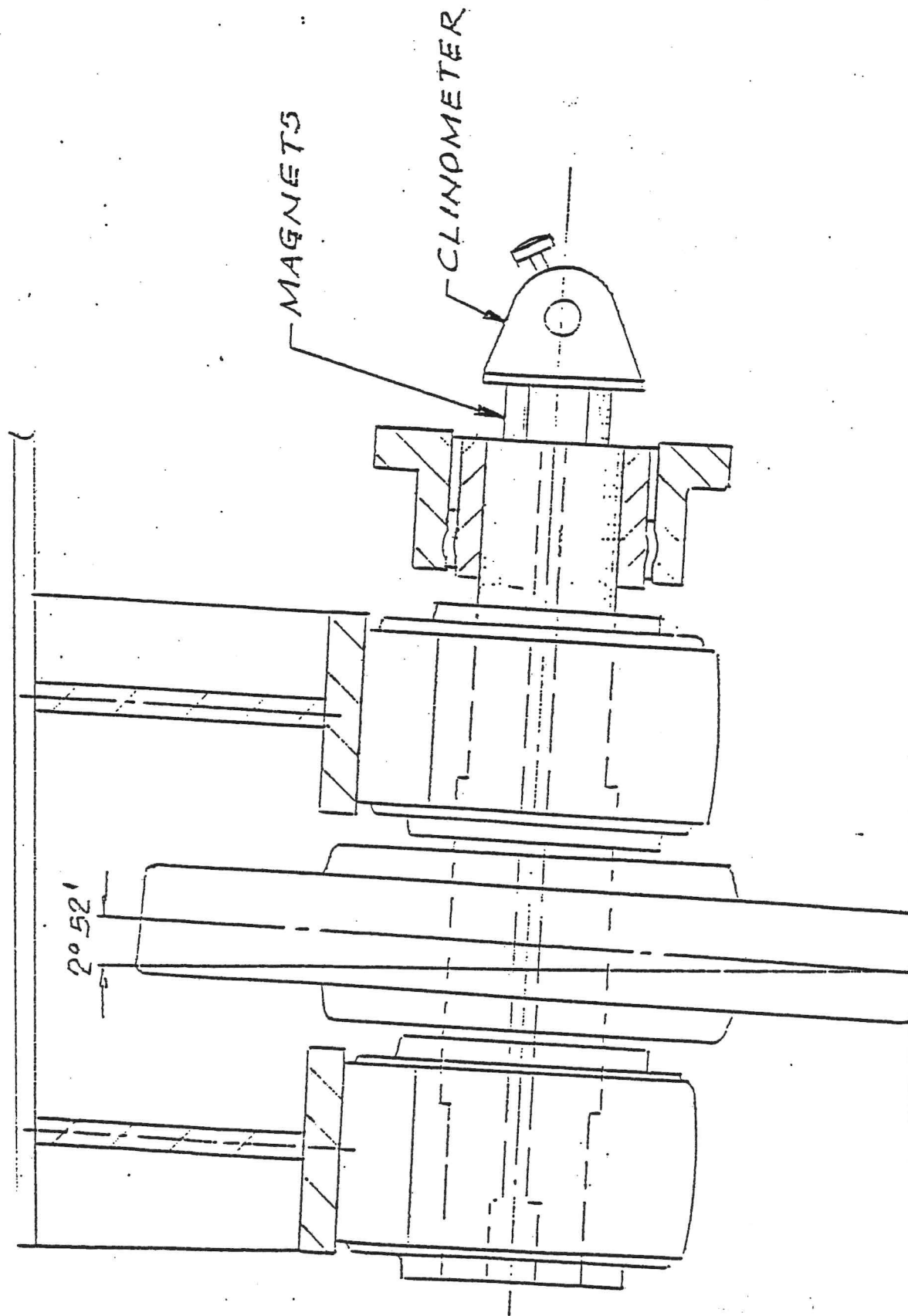
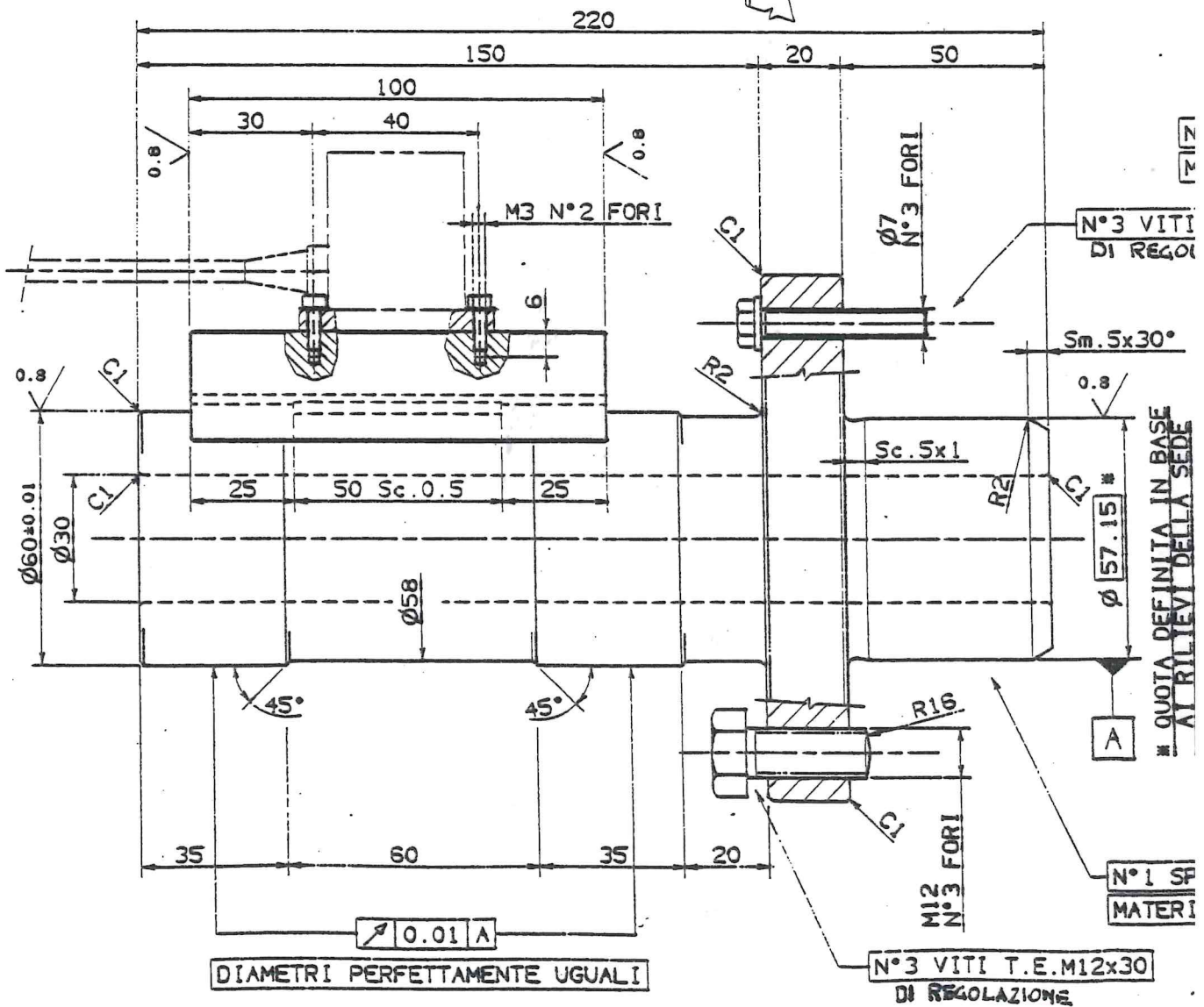
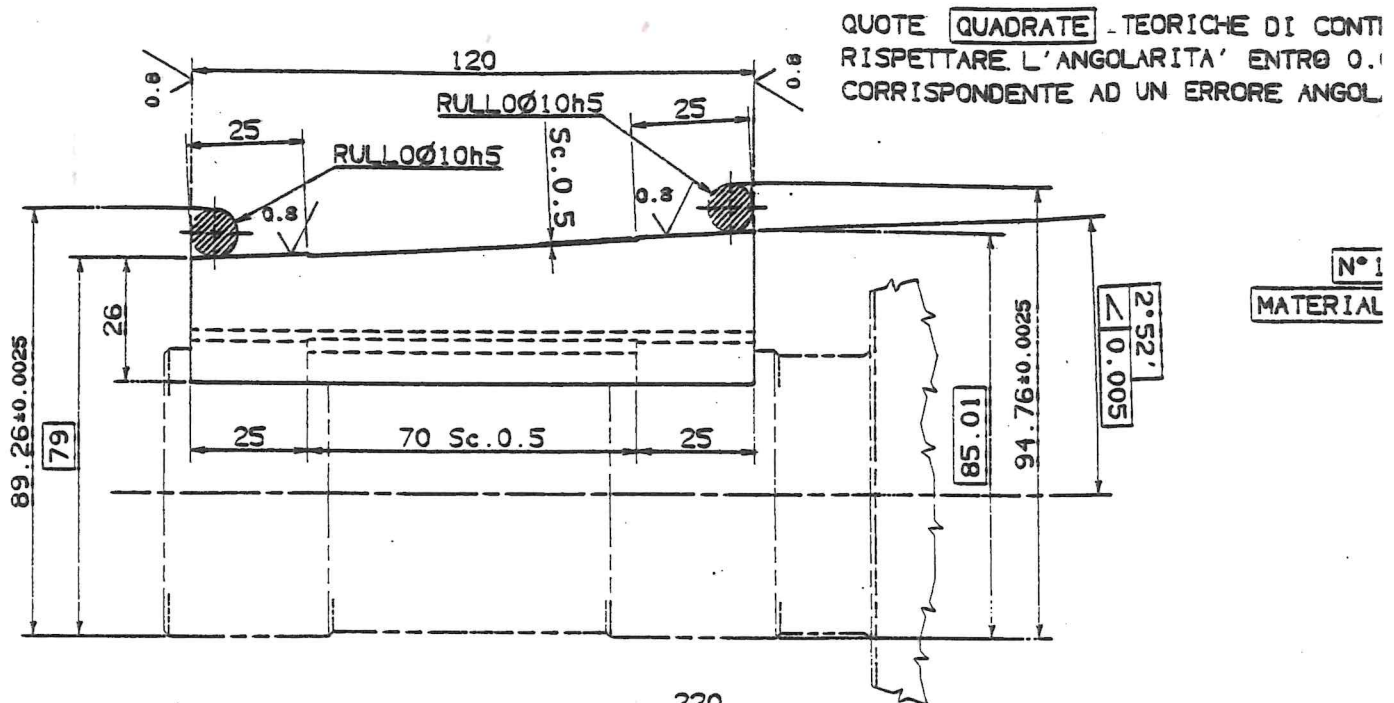


FIG. 2



RICHE DI CONTROLLO
 ITA' ENTRO 0.005mm.
 ERRORE ANGOLARE DI 8.59° SU 120mm.

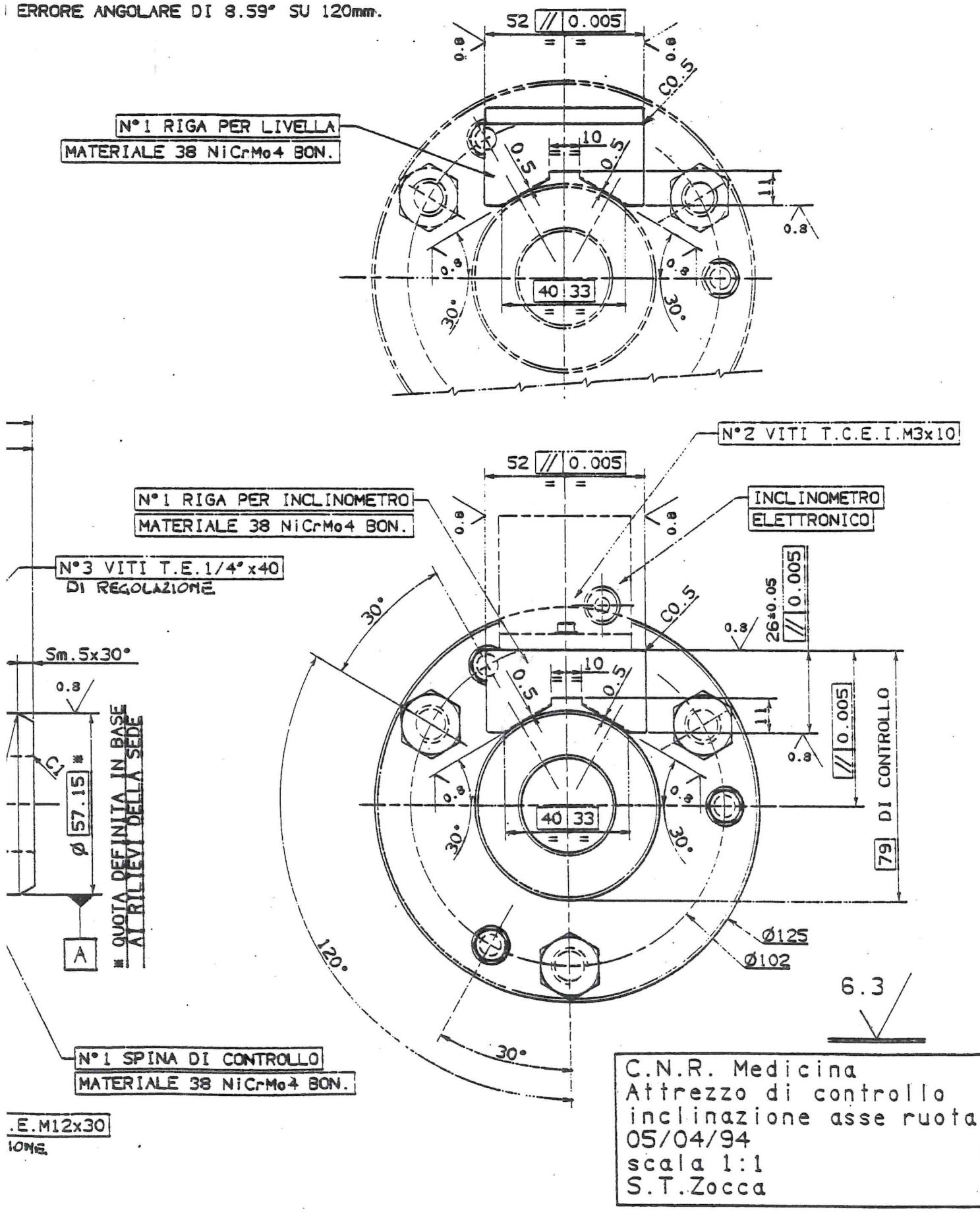


FIG. 3

Uso del comparatore per allineamento
prolunga asse ruota.

- ① Prolunga asse ruota
- ② Cuneo a $2^{\circ}52'$
- ③ Livella

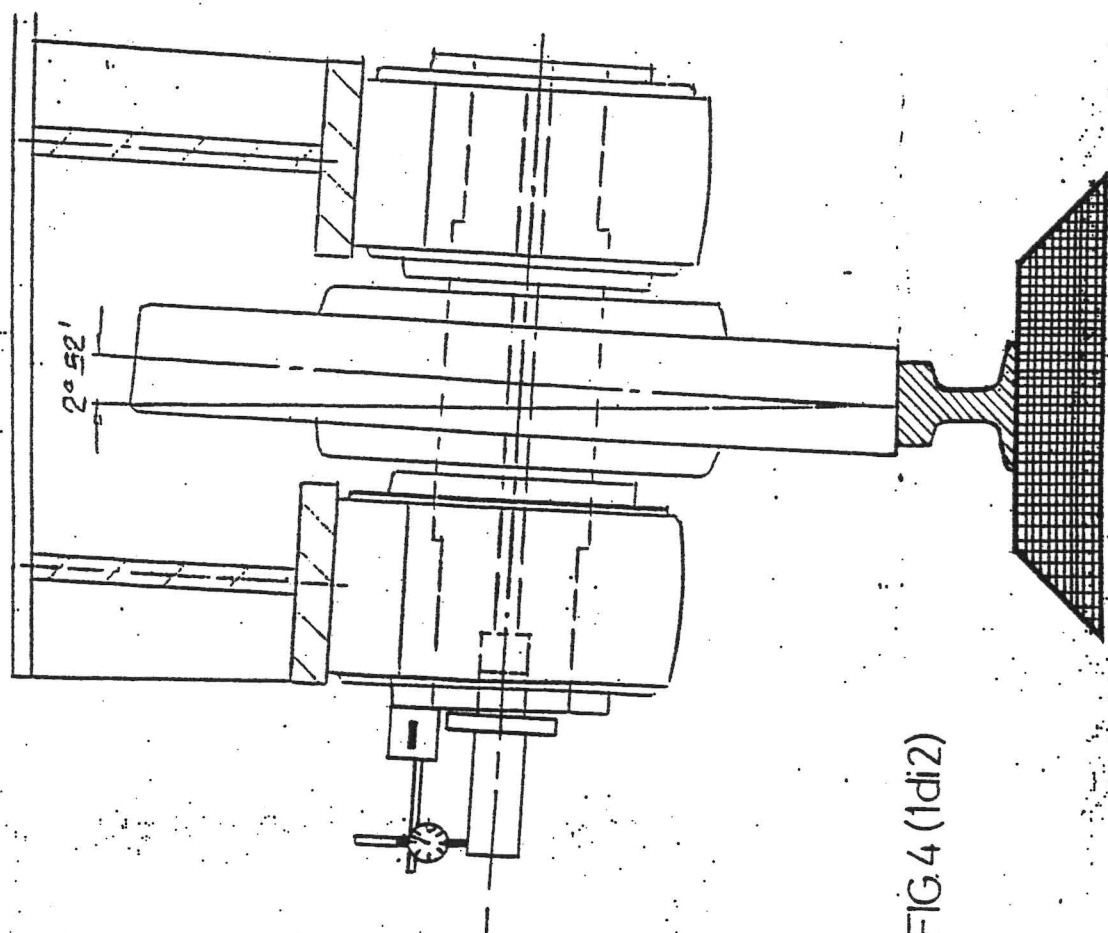


FIG.4 (1di2)

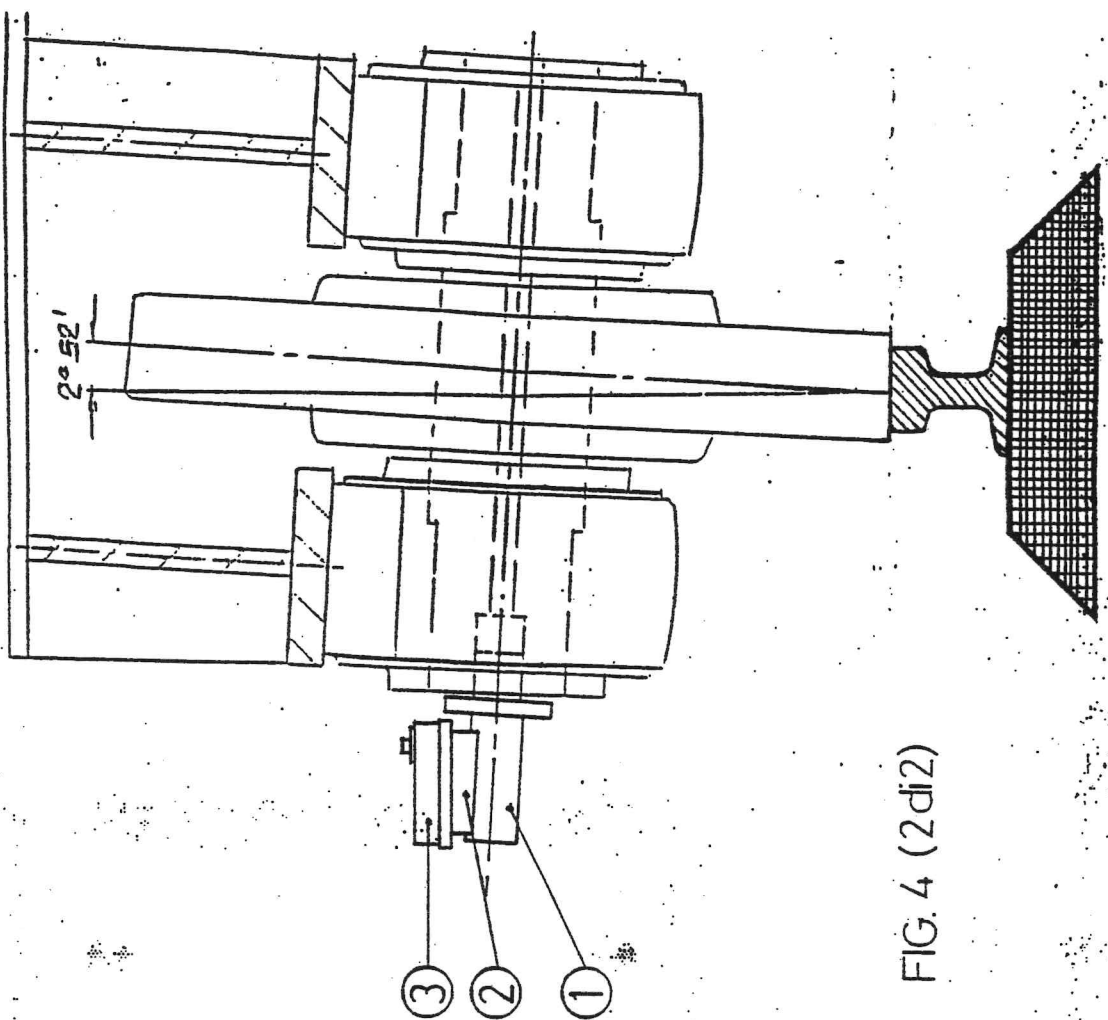


FIG. 4 (2di2)

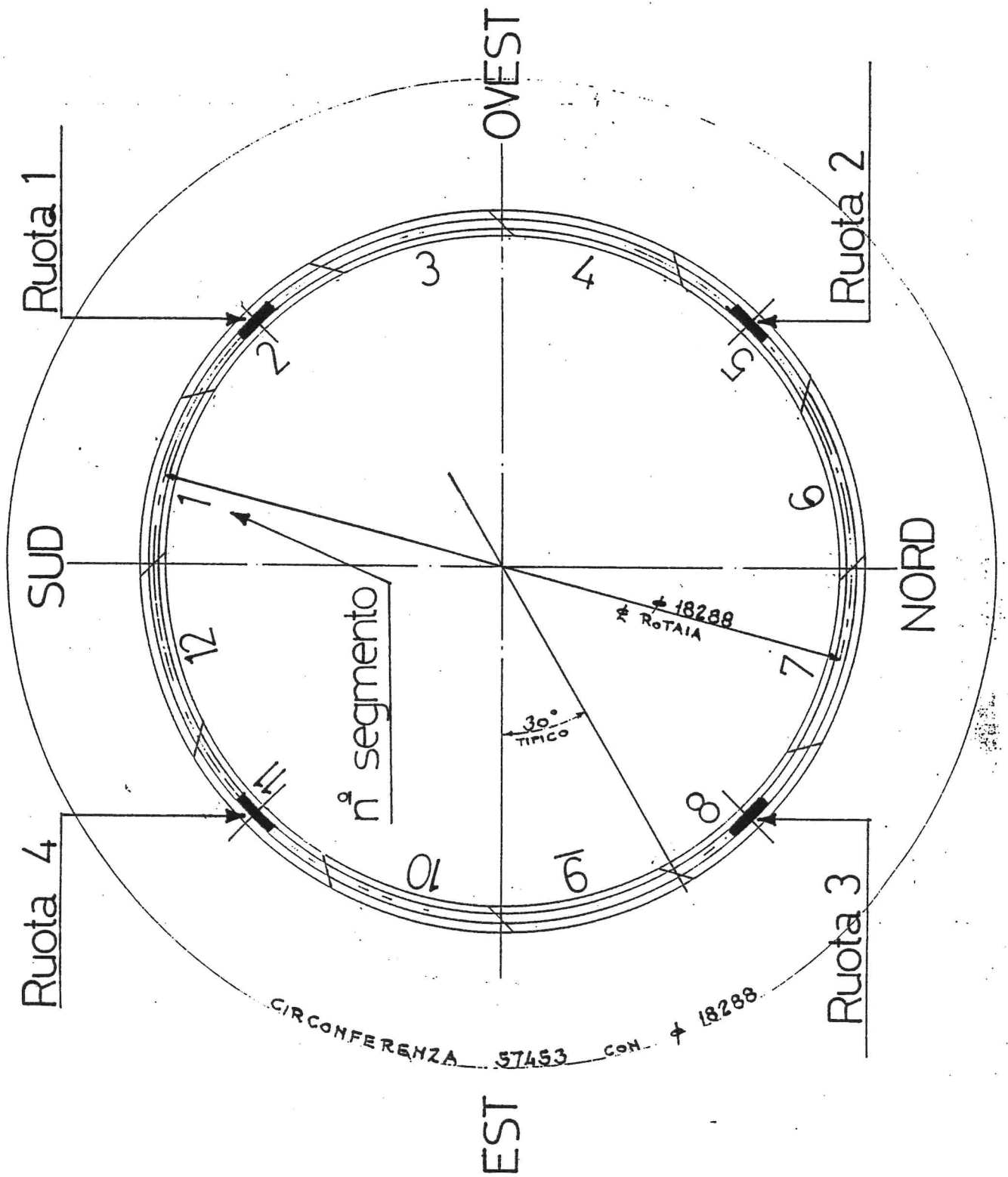


FIG. 5

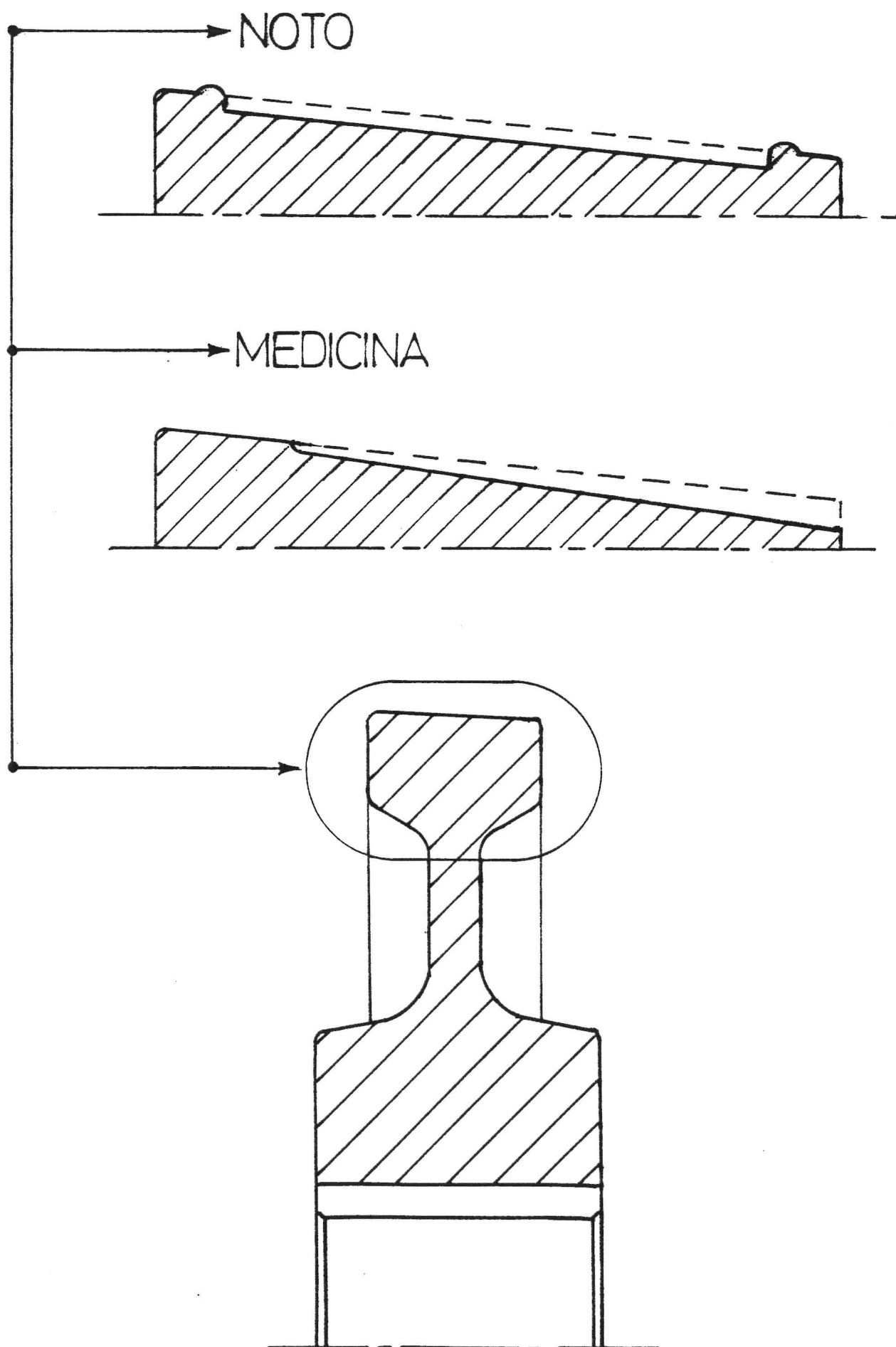


FIG. 6/7