



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ENGINYERIA TÈCNICA TOPOGRÀFICA
PROJECTE FINAL DE CARRERA

MÈTODES TOPOGRÀFICS APLICATS A LA AUSCULTACIÓ
D'EDIFICIS I ESTRUCTURES

Projectista/es: Joan Fuentes Altarriba

Director/s: Amparo Núñez Andrés

Convocatòria: Febrer 2010

RESUM

Aquest projecte és un estudi general del que seria un procediment d'auscultació tan en edificis com en estructures.

En la primera part del mateix es procedeix a exposar el que és la auscultació, plantejant casos i l'equip humà necessari.

Posteriorment el nucli del projecte es destina a descriure els procediments topogràfics aplicats al món de la auscultació, ja sigui mitjançant nivellacions geomètriques, ja sigui mitjançant taquimetria, descrivint quina praxis seria la més adequada, així com a quins materials es sol recórrer (instrumentació principalment).

Finalment es descriu els mètodes geotècnics complementaris. Procediments que combinats amb els treballs de topografia resulten d'ajuda per a formar un procés de auscultació complet.

Igualment s'inclou uns annexos amb exemples de gràfiques per a la presentació de dades en processos d'auscultació.

ÍNDEX

- 1 Introducció
 - 1.1 Objectius del projecte
- 2 Auscultació
 - 2.1 Què és auscultar?
 - 2.2 Quan realitzar un procés d'auscultació
 - 2.3 Paper de la Topografia en el procés d'auscultació
 - 2.4 Auscultació en edificació
 - 2.5 Auscultació en obra civil
 - 2.6 Equip humà en un procés d'auscultació
- 3 Procediments topogràfics aplicats a la auscultació
 - 3.1 Anivellació geomètrica
 - 3.1.1 Instrumentació
 - 3.1.2 Anivellació d'alta precisió
 - 3.2 Taquimetria
 - 3.2.1 Instrumentació
 - 3.2.2 Taquimetria aplicada a la auscultació
- 4 Mètodes geotècnics complementaris
 - 4.1 Inclínòmetres
 - 4.2 Clinòmetres
 - 4.3 Extensímetres
 - 4.4 Cinta extensomètrica
 - 4.5 Piezòmetres
 - 4.6 Cèl·lules de càrrega
 - 4.7 Cèl·lules de pressió
 - 4.8 Mesuradors de juntes
 - 4.9 Control de fissures
- 5 Conclusions i recomanacions
- 6 Bibliografia
- 7 Annexos

1 INTRODUCCIÓ

La auscultació és un camp que s'està obrint pas com a activitat professional dins del sector de la topografia i està agafant una rellevància de la que abans no gaudia, en part perquè els mitjans tècnics avui disponibles faciliten dita tasca, i en part perquè hi ha una consciència social per minimitzar certs riscos. Tot plegat està suposant una via de treball per als enginyers tècnics en topografia, una via poc explorada fa uns anys però en expansió actualment.

1.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE

A continuació es pretén explicar de forma clara i entenedora quin és el paper de la topografia, i els mètodes associats a la mateixa, en el camp de la auscultació d'edificis i estructures.

L'objectiu és donar un repàs a les situacions més característiques en aquesta mena de processos recalcant les seves diferències amb procediments més clàssics en els que s'empri la topografia, procediments com podrien ser els aixecaments o les tasques de replanteig. Analitzant des de l'equip que implantarà aquestes mesures, fins als procediments geotècnics i topogràfics que les faran efectives. Es pretén incidir en el fet de que la forma d'actuació no és la mateixa, fent esment d'aquestes diferències i al mateix temps suggerint solucions i possibilitats.

2 AUSCULTACIÓ

2.1 QUÈ ÉS AUSCULTAR?

La seva definició segons el Diccionari de la Enciclopèdia Catalana seria:

auscultar

[del ll. auscultare 'escoltar']

v tr DIAG Escoltar els sorolls normals o anormals que es produeixen (dins el cos, especialment el pit i l'abdomen), com a mètode d'exploració.

Per tant la definició tipus del que és auscultar, i en conseqüència del que és auscultació, està lligada amb els diagnòstics mèdics i/o veterinaris. És obvi que la definició s'ha quedat petita i serà ampliada en un futur.

Quan es parla de l'auscultació d'edificis i estructures el que es fa és examinar detingudament aquells edificis i estructures que es troben sota un perill potencial ja sigui aquest degut a motius geològics, meteorològics, d'envelliment, o relacionats amb la activitat humana. El resultat del procés d'auscultar indica si s'han de prendre mesures preventives o actuacions per tal d'evitar problemes majors.

Es poden trobar altres interpretacions amb diferents matisos, com la que dona una empresa especialitzada com KellerTerra S.L.

¿Què és auscultar?

Auscultar és informar. Només amb informació es poden prendre certes decisions raonades orientades a resoldre un problema. La informació s'ha de transmetre en un espai breu de temps per facilitar el procés de decisió i permetre, si s'escau, una ràpida intervenció.

Seria una explicació extensa però més acurada al que es tracta en aquest projecte.

2.2 QUAN REALITZAR UN PROCÈS D'AUSCULTACIÓ

S'hauria de realitzar la implantació d'un sistema d'auscultació quan es cregui que un edifici o estructura es troba en una situació de perill, ja sigui immediata o potencial, i es pretén detectar en quines magnituds evoluciona aquest perill amb la finalitat de prendre les mesures pertinents en cas de ser necessari.

Per exemple, després d'una activitat sísmica es pot considerar que una estructura ha estat afectada i debilitada, un procés d'auscultació ens podria ajudar a determinar fins a quin punt això és així, tal i com va passar a la controvertida Presa de Itoiz (a Navarra).

Sovint és la pròpia activitat humana la que provoca la necessitat de processos d'auscultació, certes obres poden afectar al seu entorn de forma difícilment previsible, i la millor forma de minimitzar riscos és mitjançant la auscultació.

2.3 PAPER DE LA TOPOGRAFIA EN EL PROCÉS DE AUSCULTACIÓ

Per a certs processos de la auscultació d'edificis i estructures la Topografia desenvolupa un paper fonamental ja que aplicada amb la precisió adequada en punts assenyalats del terreny permet detectar moviments difícilment apreciables per altres mètodes, donant dades indicatives de quan és necessari actuar.

Aquestes dades sovint es combinen amb dades d'un altre índole, generalment de caràcter geotècnic, fent de tot el procés un engranatge.

2.4 AUSCULTACIÓ EN EDIFICACIÓ

Es parla d'auscultació en edificació quan aquesta es centra en edificis destinats generalment a la activitat humana, com per exemple habitatges.

La causa que motiva el procés d'auscultació tan pot ser directe (p.e. l'edifici ha de fer front a una reforma molt intensa o ha patit un sever envelliment) com indirecta (l'edifici es troba en la zona d'afecció d'unes obres properes, com podria ser l'execució d'un túnel).

Aleshores, dins d'aquest grup es podrien trobar obres de contenció (pantalles, murs de gravetat, murs ecològics, etc.), control de verticalitat de façanes, assentaments...

2.5 AUSCULTACIÓ EN OBRA CIVIL

La auscultació en obra civil és la que fa efecte a actuacions amb les que es pretén dotar de beneficis a la societat.

Per la seva pròpia condició sovint s'estaria parlant d'elements de gran envergadura com ara bé ponts, túnels, presses hidrogràfiques, etc. Degut a aquesta envergadura és relativament habitual que provoquin canvis importants en el seu entorn essent alguns d'ells involuntaris i no desitjats, i en conseqüència fent necessaris els processos d'auscultació.

Entrarien en aquesta categoria excavacions, talussos, túnels, embassaments, obres de contenció, obres lineals, mines, injeccions de compensació...

2.6 EQUIP HUMÀ EN UN PROCÈS D'AUSCULTACIÓ

L'equip humà per a definir un procés d'auscultació varia en funcions dels casos i necessitats. Però es pot plantejar un equip tipus.

Cap d'auscultació. Generalment un geòleg, qui seria la persona que comandaria i coordinaria les diferents tasques.

Tècnics en instrumentació. Especialistes en l'apartat geotècnic i l'ús i instal·lació de maquinaria relacionat amb el mateix.



Figura 2.1: Tècnic en instrumentació prenent dades.

Tècnics en estructures. Sovint Enginyers de Camins, Canals i Ports. Poden realitzar tasques de calculista indicant quines deformacions i variacions son raonables i assumibles, així com en quins casos aquestes variacions serien indicatives de alerta i/o alarma.

Equip de topografia. Format per un enginyer tècnic en topografia i, generalment, un auxiliar de topografia. Es responsabilitza de la presa de dades mitjançant mètodes topogràfics així com del processament de les mateixes.



Figura 2.2. Auxiliar de topografia en la presa de dades durant una anivellació geomètrica.

Aquest seria un equip tipus, es poden donar situacions sensiblement diferents. Incidir que en tot cas l'equip d'auscultació és el que s'encarregarà de que el procés es realitzi de forma satisfactòria vetllant per la integritat i fiabilitat del mateix. Igualment és qui tindrà establerts uns paràmetres a partir dels quals comunicar de la necessitat d'una actuació, aquests paràmetres poden venir determinats pel cap d'auscultació, per la direcció d'obra (en cas d'haver-ne), pel tècnic d'estructures o el calculista.

Els graus d'alarma es determinen amb anterioritat. De vegades s'imposen uns llindars a partir dels quals es parla d'alarma. En altres casos es diferencia entre alerta i alarma, i en altres casos es parla de diferents graus d'alerta (verd, groc i vermell), no hi ha un únic protocol per a determinar aquestes actuacions encara que a termes pràctics acaben resultant formes diferents de denominar el mateix.

3 PROCEDIMENTS TOPOGRÀFICS APLICATS A LA AUSCULTACIÓ

3.1 ANIVELLACIÓ GEOMÈTRICA

¿Què és anivellar?

Anivellar és mesurar la diferència d'alçada entre dos o més punts.

(Pastrana y Vinuesa, 2005)

Essent aquesta una definició senzilla resulta del tot acurada.

Hi ha diferents formes d'anivellar, les més habituals en topografia serien la geomètrica i la trigonomètrica, sabent que hi ha altres opcions com podria ser la baromètrica o amb GPS, opcions que no es consideraran per ser menys precises.

Per a tasques d'auscultació on les que es sol requerir una precisió molt elevada el sistema que s'empra generalment és el d'anivellació geomètrica, realitzada amb nivell d'alta precisió. Encara que en certs casos, dels que es parlarà més endavant, es pot tenir en compte anivellacions trigonomètriques.

3.1.1 INSTRUMENTACIÓ

Base d'anivellació

La base d'anivellació serà el punt de partida a l'hora de realitzar les diferents anivellacions. Han de complir una sèrie de condicions.

Protegida
Propera
Aïllada
Comprovable

Es diu protegida perquè si es veïés malmesa això afectaria als resultats donant pas a falses alarmes (si la base baixa 1 cm., els punts de l'itinerari d'anivellació donarien 1 cm. més amunt donant una falsa impressió).

Raonablement propera a la zona a auscultar perquè la longitud de l'anivellació afecta negativament a la seva precisió. Si l'anivellació és curta resultarà més fàcil obtenir errors petits i per tant conclusions més fiables. És obvi que aquesta condició està íntimament lligada a la disponibilitat del terreny.

Aïllada, fora de la zona d'afecció, perquè no es pot veure afectada pels elements que han fet necessari el procés d'auscultació. Doncs això mateix, per exemple, si es vol auscultar una estructura la base ha d'estar fora de la mateixa, de no ser així podria donar-se el cas que un assentament no es detectés doncs al ser la base d'anivellació i la zona a auscultar solidàries els desnivells relatius entre les mateixes no variarien.

I es diu comprovable perquè cada cert temps s'hauria de poder comprovar que la cota de la base d'anivellació no ha patit canvis, s'hauria de tenir altres bases independents per a poder certificar la qualitat del valor de la nostra base de forma regular. Això té un avantatge extra, en cas de que la base pateixi canvis es pot tornar a calcular el seu valor des de les bases

properes de tal forma que encara seria utilitzable. O fins i tot es pot restituir una base propera de tal forma que el procés d'auscultació no es veuria significativament afectat.

Base d'anivellació profunda

Una base d'anivellació profunda és la que s'instal·la amb una maquina *pilotadora*, consisteix en una barra metàl·lica de gran longitud (pot ser de fins a 20 o 30 metres), s'introdueix completament al sòl, fora de la zona d'afecció i auscultació. Per les seves dimensions i característiques queda completament solidària al sòl resultant molt estable i fiable. Es convenient cobrir la fita amb una arqueta per evitar desgast o qualsevol malformació a la seva part superior (tal i com es pot apreciar a la Figura 2.1).



Figura 3.1. Base d'anivellació profunda

Base d'anivellació d'edificis i murs

Quan es vol controlar un punt d'una estructura vertical (ja sigui un mur, un edifici, una columna...) el més adequat serà col·locar en el punt que es desitgi controlar una regleta o fita. Això vindria a ser un element que sobresortiria de la paret, totalment solidari a la mateixa, si parlem de regleta la mira penjarà de la mateixa, si la fita surt de la part inferior del mur el que es farà serà situar la mira damunt, en ambdós casos hem de tenir cura per assegurar la verticalitat de la mira.

És molt important tenir present que la instrumentació ha de ser solidària a la estructura que estem auscultant, sovint es poden trobar recobriments enganysos (com es pot apreciar en el cas de la fig. 3.2), s'ha d'actuar en conseqüència de tal forma que la regleta descansi directament sobre la zona a auscultar sense tenir contacte amb elements externs. En el cas de la fotografia es va procedir a foradar tot el recobriment de tal forma que la regleta estigués unida al pilar.



Figura 3.2. Regleta d'anivellació (es forada el recobriment per a que sia solidaria a la estructura)



Figura 3.3. Mira invar penjant d'una regleta.

Base d'anivellació superficial

Es situa una fita directament a terra, damunt de punts que es desitgen controlar (ja sia per distribució zonal o ja sia per estar damunt d'una zona especialment sensible), es protegeixen (normalment quedant sota una arqueta) de tal forma que no puguin patir malformacions per motius aliens als que motiven la auscultació. La anivellació d'aquestes fites serà la habitual, col·locant directament la mira damunt de les mateixes.



Figura 3.4: Fita d'anivellació superficial i la seva corresponent protecció.

Com en el cas anterior la instrumentació ha de ser solidaria a la estructura que estem auscultant (com en la figura 2.3), així doncs és habitual tenir que realitzar certa perforació per a una implementació adequada de la fita.

3.1.2. ANIVELLACIÓ D'ALTA PRECISIÓ

Les anivellacions d'alta precisió sempre seran anivellacions geomètriques, per defecte sempre seran preferibles per damunt de les trigonomètriques perquè les diferències de precisió son notables a favor de la anivellació geomètrica.

Quan es fa una anivellació geomètrica d'alta precisió s'han de tenir en compte certes diferències envers la anivellació geomètrica clàssica.

Aparells i equip

S'empraran aparells d'alta precisió, com podria ser un nivell dissenyat a tal efecte, per exemple un DNA 03 de la casa Leica Geosystems (com el de la fig. 3.5). Avui en dia els nivells son automàtics, és a dir, s'autoanivellen amb un sistema de pèndols, cosa que ha facilitat molt la tasca en comparació en temps passats en els que realitzar una anivellació d'alta precisió era quelcom molt més lent i complex.



Figura 3.5: Nivell automàtic adequat per anivellacions d'alta precisió.

Exemple de les característiques d'un aparell d'anivellació d'alta precisió.

Nivell digital Leica Geosystems DNA03 i mires ínvar. En la mesura d'altures hi ha una desviació típica de 0.3mm per cada km de doble anivellació. El nivell esfèric té una sensibilitat de 8"/2mm. El DNA03 compta amb un compensador de pèndol d'esmortiment magnètic, amb control electrònic del rang d'inclinació. Aquest compensador dona un marge d'inclinació aproximat de $\pm 10'$ i una desviació típica de 0.3" en la precisió d'estabilització.



Figura 3.6: Mira Invar amb bípede.

De la mateixa forma s'hauria de ser especialment curós en les mires a emprar, essent preferibles les mires invar d'una sola peça (de 2 metres per exemple) i evitant dins del possible les mires telescòpiques. Citem l'invar perquè destaca gràcies a la seva propietat de baix coeficient de dilatació, el que el fa especialment valuós per les precisions que volem aconseguir.

Actualment les mires que es troben en el mercat són codis de barres sobre els quals el nivell llegeix, obtenint tant la distància a la mira, com la alçada de la mira amb l'horitzontal de l'aparell. També és del tot recomanable comptar amb un bípede o quelcom similar per poder anivellar la mira el més perpendicular possible amb l'horitzontal (hi ha un exemple de bípede per a mira a la fig. 3.6), i així el treball tindria més possibilitats de resultar òptim. També s'utilitzarà una placa d'anivellació pels punts intermedis de la anivellació, damunt d'aquesta es situarà la mira, i aquesta placa assegurarà el punt en el que es troba permetent girar-la sense variar la seva cota.

Metodologia

Es coneixen diversos mètodes d'anivellació (punt extrem, estacions recíproques, estacions equidistants, estacions exteriors, punt mig) però en resum tots són variacions de dos mètodes, el de punt extrem i el de punt mig, i per precisió el més adequat és el mètode del punt mig.

El mètode de punt mig consisteix en que a cada tram es situa el nivell equidistant entre el punt posterior i el punt anterior (front i esquena) de tal forma que el error "e" s'anul·laria al ser equivalent i en sentit contrari. La majoria de nivells ja mesuren la distància entre aparell i mira pel que es pot realitzar la operació de forma automàtica, en cas contrari s'hauria d'assegurar la equidistància del punt mig d'alguna forma fiable, per exemple amb l'ús de cintes mètriques.

De la mateixa forma s'hauria de ser prudent amb la distància d'anivellada, que si bé en anivellacions normals, i sempre que el terreny ho permetia, podien ser de fins a 50 metres en anivellacions d'alta precisió no es recomana que superin els 20 o 25 metres.

Cal tenir en compte que l'error quilomètric és funció de les característiques del nivell i de la major separació entre aparell i mira (distància d'anivellada), aleshores amb un aparell d'alta precisió i amb anivellades curtes es té un error quilomètric adequat a les nostres pretensions. Altres factors com la refracció o la curvatura terrestre són rellevants en treballs summament precisos però rarament tindran afectació en un treball d'auscultació ja que per definició es treballa amb bases properes per minimitzar els errors i millorar el rendiment de la feina, així doncs al ser distàncies curtes l'efecte de la refracció i de la curvatura terrestre no resulten rellevants.

Una anivellació de precisió hauria de tenir una tolerància de 7mm/km (Chueca, Hernáez, Berné, 1996), però tenint en compte que les anivellades en anivellació d'alta precisió són encara més curtes, i que es pot comptar amb un material òptim (nivell d'alta precisió i mires invar) 1mm/km és una tolerància més que assumible (es pot veure que en les condicions del nivell Leica Geosystems DNA03 quan s'empra amb mires invar té una desviació típica de 0.3mm per cada km de doble anivellació).

En quan al tractament de dades, comentar que al ser aparells digitals sovint compten amb el seu propi software per a la descàrrega i processament d'aquestes, donant opcions per compensar ja sigui de forma proporcional a la distància de les anivellades com proporcional als desnivells parcials (veure Taula 3.1).

Taula 3.1: Exemple de Resum d'anivellació

Resumen de Nivel

080407

04/07/2008 18:08:28

Información del proyecto

Nombre del proyecto: 080407
 Fecha de creación: 04/07/2008 18:06:25
 Programa de aplicación: LEICA Geo Office 3.0

Line 001

Longitud de la línea: 795.9037 m
 Método: EF
 Id punto de Inicio: O30B01
 Número de estaciones: 18
 Fecha/Hora: 04/07/2008 17:06:06
 Número de observaciones: 36

Parámetros de procesamiento

Método de ajuste: por distancia
 Procesado con correcciones de mira de nivel: No
 Diferencia de altura: -0.0003 m

Tolerancia	Permitido [m]	Actual [m]	Aceptado
Cierre	0.0018	-0.0003	OK
Error de cota por estación	0.0005	0.0000	OK
Compensación de distancia	10.0000	0.4330	OK

Puntos

ID del punto	Época	Altura [m]	Delta Alt. [m]	Clase de punto	D. E. Alt. [m]
O30B01	04/07/2008 17:06:07	31.3126	-	Control	-
1	04/07/2008 17:06:10	31.7120	0.3994	Medido	0.0001
2	04/07/2008 17:06:14	31.6617	-0.0503	Medido	0.0001
3	04/07/2008 17:06:18	31.6864	0.0247	Medido	0.0001
4	04/07/2008 17:06:22	31.7690	0.0826	Medido	0.0001
5	04/07/2008 17:06:26	31.7169	-0.0522	Medido	0.0001
6	04/07/2008 17:06:30	31.3619	-0.3550	Medido	0.0001
7	04/07/2008 17:06:34	30.2125	-1.1494	Medido	0.0001
C30B02	04/07/2008 17:06:38	29.3287	-0.8838	Medido	0.0000
C30B02	04/07/2008 17:06:42	29.3287	0.0000	Medido	0.0000
C30B01	04/07/2008 17:06:45	29.1612	-0.1675	Medido	0.0000
C30B03	04/07/2008 17:06:47	29.4340	0.2728	Medido	0.0000
13	04/07/2008 17:06:50	30.0297	0.5957	Medido	0.0001
14	04/07/2008 17:06:54	31.2097	1.1800	Medido	0.0001
15	04/07/2008 17:06:58	31.8794	0.6697	Medido	0.0001
113	04/07/2008 17:07:02	31.7691	-0.1104	Medido	0.0001
114	04/07/2008 17:07:06	31.8973	0.1282	Medido	0.0001
115	04/07/2008 17:07:10	31.8398	-0.0574	Medido	0.0001
116	04/07/2008 17:07:14	31.6654	-0.1744	Medido	0.0001
1113	04/07/2008 17:07:18	31.5439	-0.1216	Medido	0.0001
O30B01	04/07/2008 17:07:22	31.3126	-0.2313	Control	-

Al llarg d'un itinerari altimètric hi hauran les diferents fites i regletes a anivellar, un mètode habitual de treball és realitzar l'itinerari de forma estàndard (realitzant lectures endarrere, endavant, endavant i endarrere) i prendre les mesures dels punts a auscultar com si fossin punts radiats o del propi itinerari, segons convingui.

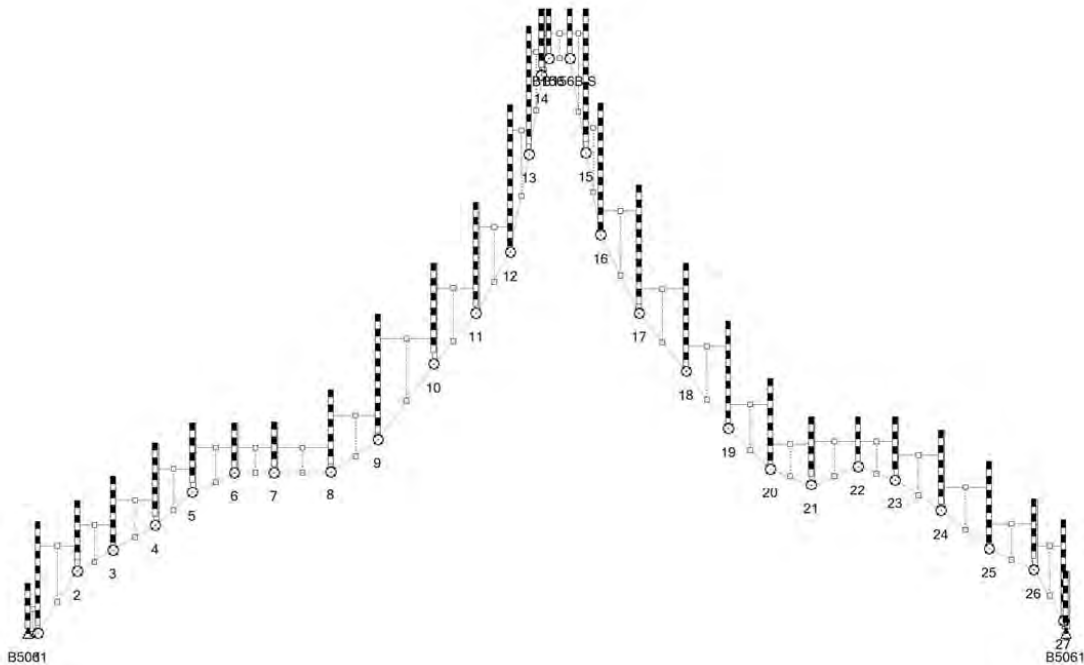


Figura 3.7: Gràfic d'anivellació obtingut amb Leica Geoffice.

Òbviament qualsevol itinerari d'anivellació haurà de ser tancat, sortint d'una base coneguda i de cota precisa i fiable, i acabant en la mateixa base o en una altra de condició similar, és aconsellable prendre punts de control intermedis, per si es dona alguna incidència no haver de repetir tot el procés.

No és necessari que les cotes siguin absolutes, es pot treballar perfectament en auscultació amb cotes relatives ja que sovint el que busquem es detectar un moviment més que no pas el valor precís d'un punt.

Lectures zero

Abans de començar qualsevol procés d'auscultació s'han de realitzar les lectures zero, i el mateix s'ha de fer en el cas d'anivellacions geomètriques d'alta precisió.

Partint d'unes bases amb una cota fiable (ja sigui donada arbitràriament si es treballa amb relatives, ja sigui calculada amb certa cura si es treballa amb diferents bases) es realitzaran repetits itineraris altimètrics per tots els punts de control d'auscultació, tres itineraris deurien resultar suficients i realitzar-ne en excés podria començar a donar resultats redundants. Tots aquests itineraris han d'entrar en tolerància i haurien de donar resultats similars entre sí. Es passa a realitzar una mitja ponderada dels mateixos (donant el pes a cada mesura en funció del seu error associat) i així s'obté un valor inicial per a cada fita o regleta, aquest valor inicial serà conegut com a lectura zero.

A partir d'aquestes lectures zero les discrepàncies que mostrin amb els valors obtinguts en anivellacions futures indicaran els moviments del terreny. I en funció del treball es podrà dir si aquests moviments son assumibles, residuals, o pel contrari motiu d'alarma i actuació immediata.

Objectius i aplicacions

Mitjançant aquest procés s'hauria de detectar les modificacions que pugui haver en la cota d'un punt, ja sigui en sentit positiu o negatiu. I a partir d'aquestes variacions realitzar diagnòstics de les mesures a prendre de ser necessari.

Com s'ha comentat normalment abans de començar un procés d'auscultació es determinen uns valors a partir dels quals s'entraria en alerta, això pot suposar que a partir del moment que s'entri en alerta es controlarà encara amb més rigor els punts afectats, o fins i tot la suspensió temporal d'obres o la necessitat de mesures paliatives (com reforços o aixecament de nous murs pantalla).

També es poden donar casos en que una estructura sigui afectada segons un protocol d'actuació (per exemple, tallant uns nervis per obrir el forat d'un ascensor) en aquest cas una baixada sobtada dels valors de cota es té per quelcom previsible i assumible, i es limitarà a informar del fet i a intensificar la vigilància però sense activar mecanismes d'alarma.



Figura 3.8. Enginyer tècnic en topografia realitzant una anivellació geomètrica d'alta precisió

Presentació de resultats

La presentació dels resultats de la auscultació ha de ser summament esclaridora. Sovint aquests resultats hauran de ser consultats per gent aliena al món de la topografia i han de poder sospesar-los de forma intuïtiva.

Cada anivellació (tal i com es veu a la taula 3.1) deuria tenir un informe indicant les dades de la mateixa. És a dir:

- Longitud de la anivellació
- Mètode d'anivellació emprat
- Punt d'origen i partida

Quantitat d'estacionaments
Data i hora
Quantitat d'observacions
Mètode de compensació
Error de tancament
Toleràncies

Posteriorment s'ha de passar al processament de les dades obtingudes.

Si bé es pot dir que no hi ha una única forma de presentar els resultats una de les formes més escaient podria ser:

Presentar un diagrama cartesià on el eix de abscisses X sigui en funció de t (el temps) i l'eix d'ordenades Y sigui l'assentament de la fita o regleta, donant com a assentament zero al valor corresponent a la Lectura Zero.

De la mateixa forma a aquest diagrama cartesià s'hauria de poder indicar fets puntuals remarcables que el facin més esclaridor. Per exemple la afectació d'una fita per maquinaria d'obra que l'han malmès o el tall de cables de formigó pretensat. En els annexes d'aquest projecte es poden consultar exemples de taules amb dades resultants d'anivellacions d'alta precisió.

Treball continuat

Per definició els processos d'auscultació son processos dilatats en el temps. Seria convenient la realització d'informes en diferents escales de temps.

Això podria ser per exemple:

Informes diaris, on s'adjunti tota la informació realitzada en un dia.

Informes setmanals, recopilant totes les dades recollides en una setmana.

Informes mensuals. Aquí es plantegen totes les dades d'un mes, òbviament s'hauria de començar a generalitzar i per a una millor comprensió es poden descartar algunes dades o informes considerats poc rellevants.

Informes anuals. Com en el cas de l'informe mensual però a major escala.

Amb aquests diversos informes es pot estudiar de forma intuïtiva i ràpida la afectació de la zona auscultada en diferents escales de temps en funció de les nostres necessitats.

Val a dir que això només és un exemple, en alguns casos s'ausculta diàriament, però en altres amb prou feines es prenen dades de forma setmanal, mensual i fins i tot anual (per exemple, les cotes de coronació d'una presa no es controlarien dia a dia si aquesta no es troba en un perill evident).

Problemes i solucions

Al llarg d'un procés d'anivellació aplicat a la auscultació son diversos els problemes que es poden trobar resultant el més habitual tot el que tingui a veure amb el deteriorament o destrucció de la instrumentació pertinent.

Desgraciadament és relativament normal, especialment si treballem en un entorn d'obra, el trobar fites destruïdes o sensiblement deteriorades (veure fig. 3.9).



Figura 3.9. Exemple de fita destruïda i no aprofitable.

En cas de que siguin destruïdes s'hauria de fer el possible per restituir-la per una de nova, es procedirà a realitzar una lectura zero de la mateixa i si es creu que és pertinent (és a dir, si es creu que no hi ha motius per considerar que hi ha hagut afectació de la zona en el lapse de temps que va des de la destrucció de la fita anterior fins a la restitució de la nova) se li dona un valor de partida a la nova fita equivalent al de la fita que hi havia anteriorment (és a dir, si la fita anterior ja portava un assentament acumulat d'un parell de mm, doncs es considerarà que la fita nova es troba en una situació equivalent per així poder seguir acumulant dades de forma perllongada en el temps).

Si no fos així la nova lectura zero suposaria un nou valor inicial i les dades anteriors acabarien resultant irrelevantes, i en conseqüència descartades.

És important que quan hi hagi aquest tipus d'incidències es notifiqui de la forma deguda, ja sigui indicant-ho als informes d'auscultació, ja sigui amb informes de no conformitat (per als controls de qualitat) que es documentaran amb fotografies si és necessari. Totes les incidències han de ser seguides amb rigor.

Si la fita malmesa es pot seguir aprofitant farem una nova lectura zero sobre la mateixa.

Un altre problema seria la pèrdua o deteriorament d'una de les bases d'anivellació. S'ha definit que entre altres característiques una base d'anivellació hauria de ser comprovable, si és així s'hauria de poder quantificar la variació que ha patit en cota realitzant una sèrie de lectures per tal de poder seguir emprant la mateixa base o bé, si s'hagués de posar una base nova, s'hauria de poder donar-li un nou valor de partida dins del mateix sistema de referència emprat fins aquell moment de tal forma que les dades preses fins al moment siguin aprofitables.

Si una base d'anivellació no fos comprovable i resultés malmesa podria resultar molt difícil continuar prenent dades amb rigor ja que al col·locar una nova base es poden tenir problemes per aconseguir un sistema de referència altimètric equivalent al emprat fins al moment. És per això que aquest punt és molt important.

Agents externs

A part s'han de tenir en compte certs agents externs com la temperatura. Poden ser difícils de quantificar però cal minimitzar i controlar dins del possible.

En cas de temperatures extremes, especialment en casos de calor, les pròpies fites poden patir deformacions sensibles per dilatació, per això mateix és aconsellable prendre nota de la temperatura en el moment de presa de dades (per si cal justificar certs resultats) i fins i tot en certs casos molt concrets es pot optar per realitzar anivellacions nocturnes, per així evitar les deformacions associades a la calor.

Com s'ha comentat l'invar té un coeficient de dilatació molt baix, però no podem dir el mateix de les diverses parts del trípod o de les bases d'anivellació. En moments especialment calorosos es poden trobar amb dilatacions de les fites que anirien a l'ordre de 0,5 mm i fins i tot més. Aquests dilatacions normalment afectaran o bé indicant que els punts auscultats realitzen una falsa pujada, o bé minvant la pèrdua de cota dels mateixos.

3.2 TAQUIMETRIA

Quan es parla de taquimetria per a auscultació es fa front a una varietat de procediments més ampli que en el cas de la anivellació geomètrica. Des de la realització d'itineraris de poligonació, amb l'error que això suposa, per a controlar els moviments superficials d'un talús, fins a mètodes de radiació realitzats amb especial cura per a la auscultació de punts concrets del terreny. Es poden donar una gran varietat de casos i sovint la tasca d'auscultació es veurà determinada i delimitada per les necessitats del projecte així com les condicions del terreny (visibilitat, treballs, etc...).

No és l'objectiu d'aquest treball explicar com es realitza degudament una poligonal o una radiació, més aviat el que es pretén és determinar com es veuen afectades aquestes activitats en casos d'auscultació. És a dir, fent incís més en les singularitats que en les generalitats del procés. Però no està de més incidir en un fet:

En un mapa a escala 1:200 (és a dir, a una escala molt exigent que ens obliga a ser curosos amb la presa de punts) la precisió exigible seria de

$$0,2\text{mm} \times 200 = 40\text{mm}$$

Més enllà d'aquests 4 cm d'error en un punt això tindria el seu reflex gràfic en el plànol. Es considera que en un aixecament topogràfic 4 cm d'error en un punt com quelcom acceptable.

S'indica aquesta circumstància perquè és important destacar que en auscultació 4cm d'error no son admissibles de cap de les maneres (exceptuant en casos molt concrets, com podria ser certs controls de talussos tal i com tot just es comentava abans), s'estaria parlant d'una precisió interessant per a un aixecament amb mètodes topogràfics clàssics però no seria vàlid per a la gran majoria de processos d'auscultació. Això ve a dir que quan s'estigui auscultant s'ha de tenir una metodologia diferent amb la finalitat de minimitzar aquest error.



Figura 3.10. Estació automàtica programable.

També s'ha d'insistir que s'hauria de tractar separatament altimetria i planimetria. Si bé en planimetria es pot reduir molt l'error amb una praxis adequada, en altimetria no és gens senzill arribar als nivells de precisió que es poden aconseguir amb anivellacions geomètriques, pel que només s'estudiarien les cotes obtingudes per taquimetria en casos en els que no es puguin obtenir per anivellació geomètrica (ja sigui per motius de pressupost, accessibilitat, o la incapacitat de situar bases properes fora de la zona d'afecció).

Així doncs es farien anivellacions trigonomètriques sempre que no sigui possible realitzar anivellacions geomètriques pel mateix efecte, i sempre tenint en compte que la bondat de les dades no arribaria a la que podríem obtenir d'altres formes.

3.2.1 INSTRUMENTACIÓ

Bases i referències

Depen de la metodologia de treball escollida però val a destacar que per obtenir un conjunt de dades homogènies és recomanable reduir la quantitat de bases que s'utilitzin al mínim i així reduir també els estacionaments realitzar, és a dir, si des de una base es poden realitzar totes les operacions millor que millor.

Per una altra banda tenir més referències donaria millors orientacions i pot donar alternatives per instal·lar noves bases. Això sí, sempre tenint en compte les condicions en que s'ha de col·locar una referència (de llunyania, disposició, i visibilitat, és clar).

En qualsevol cas s'hauria d'intentar sempre que les bases i referències compleixin les següents condicions.

Protegida
Aïllada
Comprovable
Visibilitat

Es diu protegida perquè qualsevol afectació que pateixi tindrà incidència en els resultats obtinguts. Així doncs s'hauria de poder garantir, dins del possible, que les bases i referències no es veuran afectades per altres processos o incidents.

Quan es parla d'aïllada, al igual de en el cas de la anivellació geomètrica, es vol dir fora de la zona d'afecció, perquè no es deuria veure afectada pels elements que han fet necessari el procés d'auscultació. Això no sempre és possible, així que s'ha d'indicar com a condició preferent i estudiant els casos concrets en que no és possible. Si no és aïllada encara agafa més importància el següent punt.

Comprovable, perquè s'ha de poder garantir quines son les coordenades d'una base i/o referència. Ja sigui perquè es sospita que s'ha pogut moure o per simple control de qualitat del procés (per exemple per fer-ne alguna comprovació de forma rutinària).

Visibilitat. Les bases han de tenir la millor visibilitat possible del terreny a auscultar, de tal forma que es redueixin el nombre d'estacions. I de la mateixa forma les referències han de trobar-se en llocs destacats per facilitar la implantació de noves bases en cas de ser necessari.

Prismes i dianes

Quan es vulgui controlar punts més enllà de la seva coordenada Z (cota) o en casos en que sigui especialment complicat realitzar anivellacions per dificultat d'accés a la zona (punts molt elevats, per exemple) els prismes o les dianes acaben resultant una solució/alternativa que si es realitza amb una metodologia de treball adequada acaba donant bons fruits.

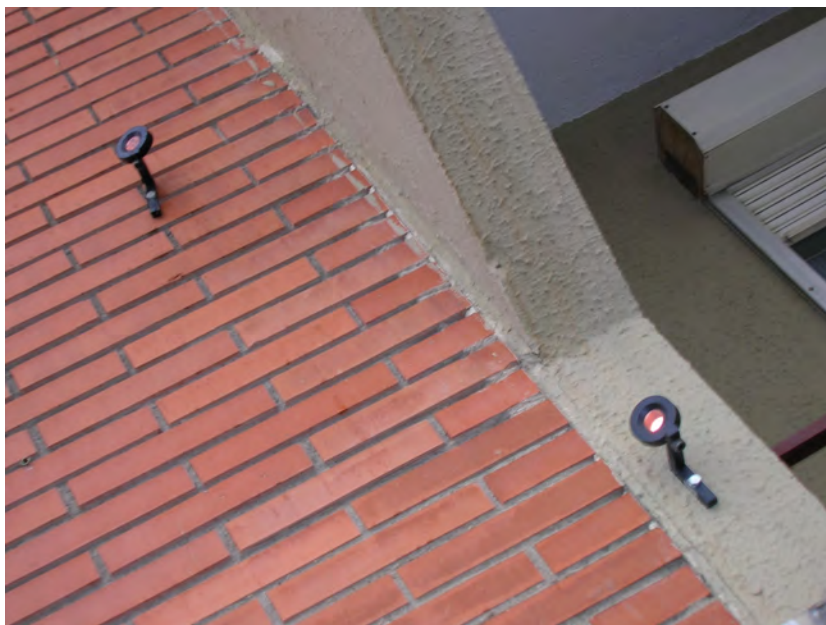


Figura 3.11. Miniprismes situats a la façana de dos edificis.

Hi diversos models de prismes, essent els miniprismes els més habituals (veure fig. 3.11). També es poden trobar en el mercat prismes que es poden llegir des de diferents punts com per exemple la esquadra de prismes doble, això sí, aquest darrer és material sensiblement més car i només s'utilitzaria en casos molt concrets.

Al mateix temps, una opció econòmica són les dianes. Reflectores i adhesives es poden solidaritzar a la paret i tenen la virtut de ser menys vulnerables que els miniprismes doncs no sobresurten, però no totes les superfícies són adequades a les mateixes. Generalment el més habitual són els prismes per que es poden encarar cap a la base des de les quals es mesuraran el que facilita i millora la qualitat de les mesures.

Per situar els prismes o dianes s'hauria de tenir en compte la visibilitat des de les bases amb les que es compti.

3.2.2 TAQUIMETRIA APLICADA A LA AUSCULTACIÓ

La metodologia de treball vindrà íntimament relacionada a l'equip amb el que es treballi. No es pot treballar de la mateixa forma si s'està realitzant un estacionament enmig d'un túnel per a prendre els miniprismes d'una secció del mateix, que si es disposa d'una estació automàtica programable controlant els punts d'una façana.

Estacions automàtiques programables robotitzades

Les estacions automàtiques programables (veure fig. 3.10), anomenades habitualment automàtiques, s'utilitzen molt sovint en auscultació pels seus reconeguts avantatges en front d'altres mètodes.

Consisteixen en estacions totals que queden estacionades de forma "permanent" realitzant la presa de mesures de forma continuada i programada. No requereixen operari i normalment transmeten de forma automàtica les dades a gabinet per vies sense fils, ja sia aquesta via un radio-mòdem amb un abast de pocs metres (només quan la oficina on es processin les dades sigui propera) o bé per GPRS amb molt més d'abast.

Té el gran avantatge de que l'aparell només s'estacionarà un cop, pel que l'error d'estacionament associat a aquest fet és del tot menyspreable doncs les diferents mesures obtingudes no es veuran afectades ja que serà uniforme i en el mateix sentit durant tot el procés d'auscultació.

El fet de poder treballar amb temps real també és important, i es pot automatitzar el processament de dades de tal forma que es redueix a la mínima expressió el treball de gabinet. La quantitat de dades que permet prendre és del tot convenient ja que l'aparell pot estar prenent dades durant les 24 hores del dia (si té accés a alguna font de subministrament energètic, és clar), de fet el més adequat és programar aquesta presa de dades i, per exemple, fer especial incís quan els motius que fan necessària la auscultació siguin més presents augmentant la bateria de mesures.

És recomanable, sempre que sigui possible, situar uns prismes fora de la zona d'afecció com a punts de control. Si detectéssim un moviment en la zona a auscultar i apreciem el mateix moviment en els prismes situats fora d'aquesta mateixa zona seria indicatiu de que el procés no s'està realitzant adequadament, possiblement l'aparell es troba descorregit i està donant resultats enganyosos.

Aquests aparells solen comptar amb el seu propi software, per exemple el Leica GeoMos (veure fig. 3.12), el qual pot donar aplicacions interessants com ara bé avisar si hi ha incidències en els resultats (automatitzant les pròpies incidències en les magnituds que es

creguin corresponents) i indicant diferents aspectes relatius a l'estat del propi aparell (fins al punt d'avisar si l'aparell s'ha desnivellat) de tal forma que faciliten el seu manteniment.

Les característiques d'una estació total automàtica i programable podrien ser:

Exactitud en la mesura dels angles. 0.15 mgon -0,5"

Seguiment automàtic del prisma:

Exactitud fins a 200m : 1mm

Exactitud fins a 500m: 2-3 mm

Mesures de distància

Exactitud: 1mm + 1ppm

Abast 1 prisma: 2500 m.

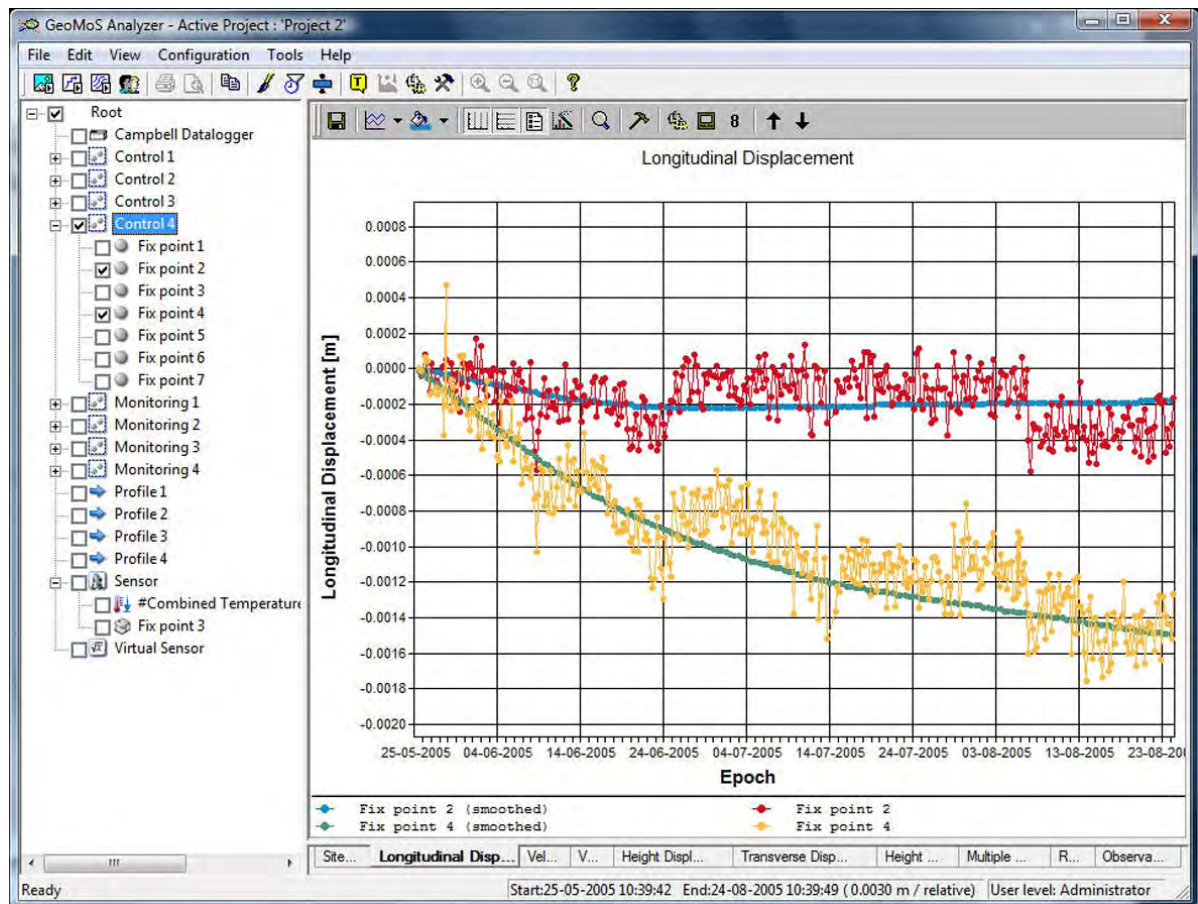


Figura 3.12. Leica GeoMos. Aplicació de software per a l'estudi de dades preses amb estació automàtica programable.

Pel contrari s'ha de comentar que es tracta, actualment, d'un aparell d'un cost elevat, cosa no sempre amortitzable per les empreses de topografia. Però un ús perllongat del mateix resulta especialment rentable tant pels seus resultats com pel fet de que requereix un manteniment reduït amb tot el que això suposa. Però també té contres, com que un cop s'hagi estacionat l'aparell no es mourà en molt de temps, el que vol dir que no se li pot donar altres aplicacions.

També s'ha de considerar que pel fet de que l'aparell no es pugui moure se l'ha de protegir d'actes vandàlics, furt, i inclemències meteorològiques. Normalment quan l'aparell està a llocs accessibles per persones alienes se'l protegeix col·locant-lo en una mena de gàbia, i quan es troba en llocs inclemències se'l cobreix per a que no caigui aigua de pluja directament sobre del mateix i es *siliconen* les juntes de l'aparell per a fer-lo completament impermeable

mantenint així l'interior de l'aparell sec, siguin quines siguin les condicions climàtiques (veure fig. 3.13).



Figura 3.13. Estació automàtica programable instal·lada en un terrat per al control de façanes d'edificis propers.

Bases de centrat forçat

Les plataformes de centrat forçat permeten estacionar un aparell reduint el error d'estacionament associat a aquest fet. Gràcies a les bases de centrat forçat es poden realitzar estacionaments molt fiables i prendre mesures amb gran valor planimètric. Consisteixen en una instal·lació que fixa el punt en el que s'estaciona l'aparell evitant imprecisions en aquest procés d'estacionament (veure fig. 3.14).

Tots els prismes s'haurien de mesurar aplicant regla Bessel per millorar la qualitat de les dades obtingudes. En casos concrets (com per exemple en casos de visibilitat deficient, cosa que es podria donar en un túnel) es poden arribar a realitzar bateries de lectures per afinar dins del possible però no acostuma a ser habitual.

Igualment que en el cas de la estació automàtica és recomanable, sempre que sigui possible, situar prismes fora de la zona d'afecció com a punts de control. Així sempre que es detectin moviments es comprovaria si els punts de control es mantenen fixes, en cas de que així sia és deduïble que el moviment detectat és del tot real i s'hauria d'actuar en conseqüència.

És recomanable l'ús de les bases de centrat forçat en front d'una estació automàtica quan es pretengui invertir menys a priori (ens permet reduir costos ja que és un material més assequible i ens permet donar altres usos a la estació més enllà de les tasques d'auscultació). També és recomanable recórrer al centrat forçat quan es requereixin multitud d'estacionaments per a controlar tots els prismes, quan no calguin moltes lectures durant el dia per controlar degudament els prismes, o quan es cregui que el procés d'auscultació no es perllongarà molt en el temps.



Figura 3.14. Estació total situada en una base de centrat forçat.

Mètodes taquimètrics clàssics

En darrera instància es pot emprar una metodologia de treball més clàssica (estacionament amb trípode, prisma amb bastó, poligonals...) no és recomanable excepte en casos molt concrets en els que no sigui necessària una gran precisió.

Però això seria en una minoria de casos, normalment la auscultació sol demanar una precisió que no es pot garantir amb els mitjans més clàssics.

Lectures zero

Com en el cas de l'anivellació geomètrica s'haurien de realitzar les lectures zero.

Partint d'unes bases amb unes coordenades fiables i unes referències a les que orientar igualment fiables, es prenen mesures de forma repetida, estacionant diverses vegades si és necessari (és obvi que si les mesures es prenen amb una estació automàtica un sol estacionament deuria ser suficient).

Quan es tingui un nombre de lectures que es consideri adequat, en general es considera que tres és un valor raonable, es passaria a realitzar una mitja de les mateixes obtenint un valor inicial per a cada punt, aquest valor inicial serà conegut com a lectura zero.

Objectius i aplicacions

La finalitat d'aquests processos és detectar petits desplaçaments en punts singulars del terreny, generalment desplaçaments en el sentit planimètric, però podent obtenir també dades en el sentit altimètric.

En la feina hi haurà determinats uns valors d'alarma. A partir de les lectures zero les discrepàncies que es trobin amb els valors obtinguts ens indicaran els moviments del

terreny. I en funció del treball podrem dir si aquests moviments son assumibles, residuals, o pel contrari motiu d'alarma i actuació immediata.

Com es comentava en el cas de l'anivellació geomètrica es poden detectar moviments sensibles però assumibles, es procediria de la mateixa manera, limitant-se a informar del fet i intensificant la vigilància però sense activar mecanismes d'alarma.

Presentació de resultats

Com en el cas de l'anivellació geomètrica la presentació dels resultats de la auscultació ha de ser esclaridora. Aquests resultats poden ser consultats per gent aliena al món de la topografia i haurien de poder sospesar-los de forma intuïtiva.

Els resultats es poden presentar en gràfiques tal i com es mostra en els exemples de la documentació annexa. Aquestes gràfiques es poden fer seguint les variacions en els diferents eixos de coordenades, x, y i z, indiferentment de que estiguem treballant en coordenades relatives o en coordenades absolutes.

Una opció seria un diagrama cartesià on el eix de abscisses X sigui en funció de t (el temps) i l'eix d'ordenades Y sigui el desplaçament en una de les coordenades (ja sigui X, Y o Z).

De la mateixa forma a aquest diagrama cartesià s'hauria de poder indicar fets puntuals remarcables que el facin més esclaridor. Per exemple la afectació d'una prisma per alguna incidència, o que s'hagi canviat de base des de la qual es prenen les mesures.

En aquestes gràfiques es poden adjuntar els valors que suposen alerta, de tal forma que no només es sabria quan es sobrepassen si no que també es podria saber quan aquests valors son propers.

Treball continuat

És un cas similar al de la anivellació geomètrica, sovint el treball d'auscultació és continuat i el resultat del mateix s'ha de fer presentant un conjunt creixent de dades.

Un forma de presentar aquestes dades seria.

Informes diaris, on s'adjunti tota la informació realitzada en un dia.

Informes setmanals, informes setmanals, recopilant totes les dades recollides en una setmana.

Informes mensuals. Aquí es plantejaria totes les dades d'un mes, com és obvi s'hauria de començar a generalitzar i per a una millor comprensió es podrien descartar algunes dades o informes considerats poc rellevants.

Informes anuals. Com en el cas de l'informe mensual però a major escala.

Amb aquests diversos informes es podria estudiar de forma intuïtiva i ràpida la afectació de la zona auscultada en diferents escales de temps en funció de les nostres necessitats.

Problemes i solucions

Òbviament els prismes i dianes estan exposats a la brutícia o el trencament. El mateix a dir de les bases i les referències. El manteniment dels mateixos formaran part de les tasques habituals.

Si pel motiu que fos es perd un prisma el que s'hauria de fer es restituir-lo tan ràpidament com sigui possible, aleshores caldria fer una nova lectura zero i si el nou prisma ocupa un emplaçament significativament similar al que hi havia anteriorment es procedirà a seguir amb les noves mesures tenint en compte els moviments acumulats en totes les mesures anteriors.

Un cas concret que es pot donar amb certa freqüència és la impossibilitat de situar una base amb visibilitat als punts a auscultar fora de la zona d'afecció. De fet és un cas habitual en la auscultació de túnels, de ser així el procediment deuria ser establir una base dins de la zona d'afecció (no hi ha alternativa) però poder comprovar la mateixa des de altres zones, de tal forma que des de la base es controlarien els punts singulars, i al mateix temps es faria un seguiment a la mateixa base per corroborar la fiabilitat de les dades obtingudes.

Tant si es treballa amb coordenades relatives com si es treballa amb coordenades absolutes totes les bases i referències s'haurien de poder restituir per a que la pèrdua de les mateixes no suposi un trasbals per tot el procés d'auscultació. De fet aquest punt hauria de ser possible si es compleixen les condicions plantejades en l'establiment de bases i referències.

Agents externs

A diferència amb el cas de la anivellació geomètrica la influència dels agents externs serà inferior, simplement perquè s'estaria parlant de nivells de precisió diferents. En tot cas sempre es prendrà nota del moment de presa de dades per situar les mateixes en una escala de temps per si s'han de tenir en compte aquests agents externs per entendre certs resultats (dilatacions, precipitacions extremes, treballs que poden afectar en zones properes). En alguns casos també es pot prendre nota de la temperatura, però no seria gaire habitual i la utilitat de la dada generalment seria menyspreable.

4. MÈTODES GEOTÈCNICS COMPLEMENTARIS

A part dels mètodes topogràfics un procés d'auscultació sovint es veurà complementat amb diversos procediments geotècnics.

Un dels conceptes que defensa aquest projecte és que les dades s'han de valorar de forma conjunta i coordinada de tal forma que els diagnòstics siguin el més fiables possibles i tenint en compte tantes variables com es tinguin a mà. Al cap i a la fi un procés d'auscultació és una recopilació continuada de dades i valors que degudament interpretats permeten prendre conclusions sobre que esdevé a la zona auscultada.

Dispositius equipats amb transductors de corda vibrant.

Molts dels aparells que venen a continuació son de corda vibrant. Són dispositius equipats amb una corda que vibra amb diferents freqüències quan aquesta s'excita per una senyal emesa des de la unitat de lectura, de tal forma la unitat enregistra un valor numèric en freqüències o períodes on la seva magnitud és funció de la variació del paràmetre a mesurar. La senyal rebuda és transformada en microdeformacions, també conegudes com a *microstrains* ($\mu\epsilon=10^{-6}m/m$), la unitat habitual de treball en aquesta mena de dispositius.

4.1 INCLINÒMETRES

La seva utilitat és comprovar les deformacions que pateix el terreny o una estructura de formigó armat en determinades circumstàncies.



Figura 4.1. Presa de dades d'un inclinòmetre.

La seva tasca és determinar, principalment, la mesura de desplaçaments laterals, ja sigui al propi terreny a la zona propera a la excavació o bé els desplaçaments de la pantalla i el moviment del peu.

Consisteix en una canonada acanalada en la que es mesura amb una sonda (l'inclinòmetre) el moviment que tenen pantalles o terraplens (veure fig 4.1).

4.2 CLINÒMETRES

La seva utilitat és mesurar els canvis d'inclinació en una superfície.

Es definirà la superfície i el pla que es vol controlar (pot ser horitzontal o vertical) i s'hi instal·larà una placa que haurà de quedar fermament fixada (veure fig. 4.2). Per a prendre les mesures es col·loca damunt d'aquesta placa un lector d'inclinació portàtil que donarà l'angle d'inclinació (veure fig. 4.3), fent dues lectures perpendicular es pot deduir el sentit d'inclinació. El progressiu estudi dels resultats serà indicatiu de si la superfície en qüestió està canviant significativament la seva inclinació o si pel contrari es manté estable.



Figura 4.2. Base de clinòmetre.



Figura 4.3. Lector de clinòmetre situat damunt de la seva base.

4.3 EXTENSÍMETRES

És una instal·lació destinada a mesurar deformacions (ja sigui escurçament o allargament) en el formigó o armats.

S'instal·la solidari al formigó o armat que es vol controlar. Segueix el principi dels dispositius elèctrics de corda vibrant (veure fig. 4.4). Partint d'un valor inicial mesurat en el moment d'instal·lació (a mode de lectura zero) i mitjançant una unitat de lectura portàtil (veure fig. 4.5) que transmet impulsos elèctrics, es deduiran les diferents deformacions.



Figura 4.4. Extensímetre



Figura 4.5. Presa de dades d'extensímetres mitjançant una unitat de lectura portàtil.

4.4 CINTA EXTENSOMÈTRICA

També coneguda com a cinta de convergència. És un instrument de precisió dissenyat per a mesurar el canvi de distància entre dos punts d'una estructura (veure fig. 4.6).

És especialment interessant el seu ús per controlar deformacions de ponts, túnels i edificis ja que permet controlar les deformacions d'una secció.



Figura 4.6 Cinta extensomètrica

A grans efectes vindria a ser una cinta mètrica metàl·lica d'alta precisió, amb la particularitat de que un sistema permet posar-la a un tensió constant i amb un rellotge comparador facilita apreciar fins a la dècima de mm.

4.5 PIEZÒMETRES

S'hauria de distingir entre dos tipus de piezòmetres, el piezòmetre obert i el de corda vibrant.



Figura 4.7. Piezòmetre obert

El piezòmetre obert (veure fig. 4.7) consisteix en un tub de PVC, instal·lat mitjançant sondeig, que va de la superfície fins al nivell freàtic. I és a través d'un hidronivell (fig 4.8) que es mesura el nivell freàtic de forma regular donant-li un valor en forma de cota (la cota de superfície es donaria per topografia clàssica i el hidronivell ens donaria la distància amb la superfície del nivell freàtic pel que permet deduir de forma immediata la cota d'aquest nivell freàtic).



Figura 4.8. Presa de mesures en un piezòmetre obert (hidronivell).

El piezòmetre de corda vibrant en canvi el que mesuren és la pressió a la que es troben els *acuitards* (formacions geològiques semipermeables que contenen aigua subterrània). Igualment gràcies a aquesta pressió es pot arribar a deduir el nivell freàtic però de forma indirecta.

Aquestes mesures s'han de contrastar amb les fluctuacions naturals del propi nivell freàtic, per exemple a causa de precipitacions.

La utilitat d'aquestes dades no és molt evident, però s'ha de tenir en compte que si es perd molt de volum d'aigua dels *acuitards* es pot produir un assentament per pèrdua de pressió intersticial, la subsidència és un fet difícil de detectar que ha donat problemes en més d'una ocasió.



Figura 4.9. Ús d'una unitat de lectura en una cèl·lula de càrrega

4.6 CÈL·LULES DE CÀRREGA

Una cèl·lula de càrrega és un dispositiu de corda vibrant que mesura la deformació d'un component d'una estructura.

Mitjançant una unitat de lectura portàtil es mesuren les diferents deformacions. A termes pràctics al mesurar la deformació del component d'una estructura el que es fa és deduir el pes que suporta i el seu comportament, per exemple (tal i com es veu en la fig. 4.9) es comprovaria això mateix en un ancoratge.

4.7 CÈL·LULES DE PRESSIÓ

Una cèl·lula de pressió és un dispositiu de corda vibrant que mesura la pressió que provoca el terreny sobre una estructura (veure fig. 4.10).

El valor d'aquesta pressió s'obté tant en magnitud com en direcció, resultant doncs una informació extra sobre les forces que actuen en punts estructurals concrets.



Figura 4.10. Cèl·lula de pressió.

4.8 MESURADORS DE JUNTES (CRACKMETER)

És un dispositiu de corda vibrant emprat per controlar moviments en juntes de les estructures.



Figura 4.11 Gràfic d'un mesurador de juntes

S'instal·la solidari a les dues estructures entre les quals es vol controlar el moviment (per exemple, per damunt de la junta de dues lloses tal i com es mostra a la figura 4.11), mitjançant una unitat de lectura portàtil que podria ser la mateixa que s'empra pels extensímetres s'interpretarà el comportament de la junta en qüestió.

4.9 CONTROL DE FISSURES

És freqüent que trobar-se amb fissures en edificis i estructures (murs, parets, sòls) fent necessari el control de la seva evolució.



Figura 4.12 Control d'una fissura amb un peu de rei digital

Una forma senzilla i assequible de tenir-ne un control és amb la instal·lació de ternes de claus al voltant de la esquerda, aleshores es procedirà a mesurar les distàncies entre els claus amb un peu de rei digital de precisió submilimètrica (veure fig. 4.12), amb l'estudi dels resultats podrem seguir la evolució de la esquerda.

Es poden implantar altres sistemes de control de fissures.

Una seria l'aplicació de segells de guix en la pròpia esquerda, si aquesta s'obris provocaria el trencament del segell el que seria prou indicatiu.

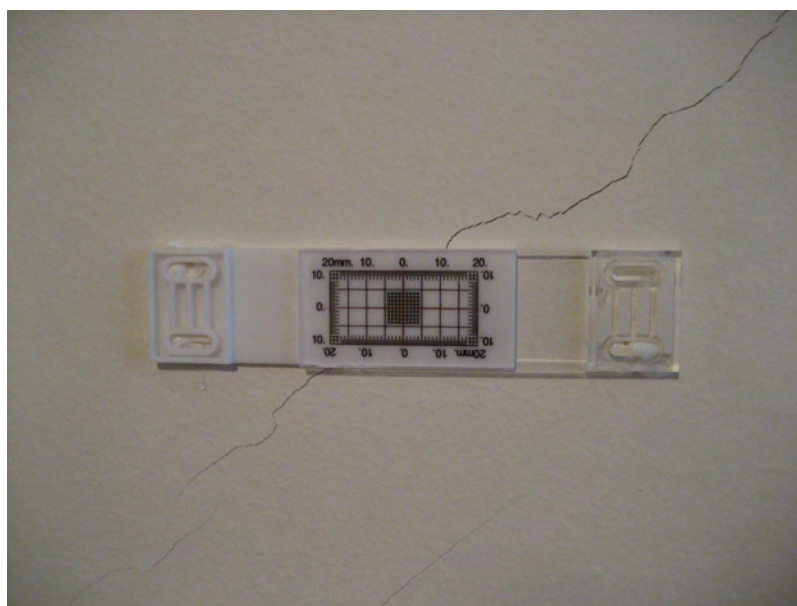


Figura 4.13 Fisuròmetre instal·lat damunt d'una fissura.

I un darrer sistema seria la instal·lació de fisuròmetres (veure fig. 4.13). S'instal·la solidari a ambdós costats de la fissura, si la esquerda roman sense evolució no haurien d'aparèixer canvis en el mateix però si seguís obrint-se podríem consultar el fisuròmetre per quantificar en quina magnitud s'està realitzant aquesta separació.

Un dels grans avantatges d'aquests processos és que resulten molt senzills en la seva implantació i permet seguir la evolució d'esquerdes en llocs presumiblement poc accessibles (com per exemple l'interior d'un habitatge).

5. CONCLUSIONS/RECOMANACIONS

En aquest treball s'han llistat procediments, consells per a realitzar certs treballs d'una forma que es considera acurada, a part de comentar certes situacions habituals, algunes fruit de la experiència personal del autor, altres fruit de conversacions amb companys del mateix que s'han dedicat al món de la auscultació. L'objectiu no és altre que donar un punt de partida, una guia, però tenint en compte que cada cas serà particular i diferent, i tot i les similituds entre diferents casos a ben segur que cadascun s'haurà d'estudiar de forma individual.

La auscultació és una feina particular, sovint invisible. És pot fer una gran tasca d'auscultació sense que aquesta doni uns fruits evidents, i de la mateixa forma es pot fer una mala auscultació i que mai surti a la llum. Sovint n'hi ha prou en dir que es fa auscultació, com si d'un tràmit es tractés, donant-se per fet de que es fa correctament i ningú mirarà mai si es fa bé aquesta feina a no ser que passi una desgràcia, com es diu popularment, només ens recordem de Santa Bàrbara quan trona.

Per les constructores les tasques d'auscultació moltes vegades es veuen com quelcom farragós que els allunya dels seus objectius. És molt habitual veure que fins i tot l'instrumental destinat a la seguretat de tothom és maltractat per operaris d'obra sense que a ningú li importi. Els diners i els límits d'entrega son elements molt poderosos, i amb certa freqüència passen de quelcom tant prioritari com és la seguretat de tothom, per inconsciència o pel motiu que sigui el fet és que sovint és així.

Fins i tot es pot donar el cas de tenir la obligació moral de fer front a pressions. En algun moment cal donar una alarma però això pot suposar un endarreriment de la obra... Fer front a aquestes pressions i actuar de forma correcta no és senzill. Però això també forma part del procés. S'ha de fer una feina acurada i actuar amb fermesa quan els resultats així ho indiquin.

En definitiva, el que es vol dir és que és una feina que comporta uns plantejaments professionals que van una mica més enllà del que és habitual, i la forma en que es faci front als mateixos serà un component més, i igualment important, del treball realitzat. Els materials, la disposició dels mateixos, i la feina executada son coses importants, però la actitud també serà decisiva per a obtenir resultats, la auscultació no és només un procés tècnic, puntualment es pot convertir en un exercici de responsabilitat.

6 BIBLIOGRAFIA

Chueca Pazos, M., Herráez Boquera, J., Berné Valero, J.L. (1996), Tratado de Topografía 2. Métodos Topográficos. Editorial Paraninfo.

Muñoz Hidalgo, M. (1994), Diagnósis y causas en patología de la edificación. Autoedició.

Ojeda, J.L. (1984), Métodos Topográficos y Oficina Técnica. Autoedició.

Pastrana Agúndez, U., Vinuesa Angulo, A. (2005), Ejecución de Nivelaciones, Replanteos y Mediciones. Fundación Laboral de la Construcción del Principado de Asturias, Editorial Lex Nova S.A.

Vázquez Carretero, N. J. (2002). La Subsistencia en Murcia, Implicaciones y Consecuencias en la Edificación. Imprenta regional de Murcia.

<http://gisiberica.com/>

Consultat el Gener de 2010 per l'apartat geotècnic.

<http://www.leica-geosystems.com/>

Consultat durant Desembre de 2009 i Gener de 2010 per l'apartat d'equipaments de topografia.

<http://www.slopeindicator.com/>

Consultat el Gener de 2010 per l'apartat geotècnic.