

13
2eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLÁN"

**ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA INSTRUMENTACION
DE OBRAS SUBTERRANEAS EN SUELOS BLANDOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:
DANTE ORTIZ MALDONADO



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Sta. Cruz Acatlán, Edo. de Méx.

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

SR. DANTE ORTIZ MALDONADO
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.
P R E S E N T E :

DE ACUERDO A SU SOLICITUD PRESENTADA CON FECHA 10 DE JULIO DE 1989. ME COMPLACE NOTIFICARLE QUE ESTA JEFATURA DEL PROGRAMA TUVO A BIEN ASIGNARLE EL SIGUIENTE TEMA DE TESIS: "ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA INSTRUMENTACION DE OBRAS SUBTERRANEAS EN SUELOS BLANDOS". EL CUAL SE DESARROLLARA COMO SIGUE:

- INTRODUCCION
- I.- GENERALIDADES.
- II.- INSTRUMENTACION DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO ANTES DE LA CONSTRUCCION.
- III.- INSTRUMENTACION DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y DESDE EL INTERIOR DE LA OBRA SUBTERRANEA DURANTE SU CONSTRUCCION.
- APENDICE
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ASI MISMO FUE DESIGNADO COMO ASESOR DE TESIS EL SR. ING. JORGE FLORES NUREZ.

PIDO A USTED TOMAR NOTA QUE EN CUMPLIMIENTO DE LO ESPECIFICADO EN LA LEY DE PROFESIONES, DEBERA PRESTAR SERVICIO SOCIAL DURANTE UN TIEMPO MINIMO DE SEIS MESES COMO REQUISITO BASICO PARA SUSTENTAR EXAMEN PROFESIONAL. ASI COMO DE LA DISPOSICION DE LA DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES EN EL SENTIDO DE QUE SE IMPRIMA EN LUGAR VISIBLE DE LOS EJEMPLARES DE LA TESIS, EL TITULO DE TRABAJO REALIZADO. ESTA COMUNICACION DEBERA IMPRIMIRSE EN EL INTERIOR DE LA TESIS.

SIN MAS POR EL MOMENTO. RECIBA UN CORDIAL SALUDO.



ENEP-ACATLAN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
ACATLAN, EDO. DE MEX. ... DE OCTUBRE DE 1994

ING. CARLOS ROSALES AGUILAR
JEFE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

POR QUE EL GENIO SOLO SE COMPONE
DEL 2% DE ESTE, Y REQUIERE DE UN
98% DE PERSEVERANCIA.

"Ludwing Van Beethoven"

A MIS PADRES

ALDEGUNDA MALDONADO URIBE
RAFAEL ORTIZ FIGUEROA

POR SU PACIENCIA Y CONFIANZA DEPOSITADA
EN MI, QUE SOY PRODUCTO DE SU UNION; MANAN
TIAL DE AMOR Y CONOCIMIENTO ETERNO, QUE =
PERDURARA ¡POR SIEMPRE! .

A MI HERMANA

ALEJANDRA ISABEL

POR TU CARIÑO Y REALEZA, Y QUE
¡ JAMAS ! SE ANTEPONGA LO MATERIAL ENTRE
NOSOTROS .

A

JESUS VARELA CORONEL Y JORGE
LOPEZ LOPEZ, POR SU AMISTAD-
Y CARIÑO FRATERNAL EL CUAL
SEGUIRE CULTIVANDO .

A LA FAMILIA VARELA CORONEL

LUCIANO Y HERLINDA.

LUCIANO PABLO, MARGARITA, MARIA --
ELENA, RAYMUNDO, MARIA Y VERONICA,
POR SU AMISTAD Y APOYO PARA LOGRAR
EL PRESENTE TRABAJO .

A LA FAMILIA LOPEZ LOPEZ

RAUL Y MARGARITA.

LINA, RAUL, MARICELA, ARTURO,
FERNANDO Y MARIO, POR SU AMISTAD
Y CARIÑO .

AL INGENIERO JORGE FLORES NUÑEZ
POR SU VALIOSA ORIENTACION .

A EUGENIO MARQUEZ DIAZ
CON GRATITUD, A TU AYUDA
DESINTERESADA Y QUE NO
SE PIERDA LA AMISTAD .

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO
GEORGINA, MARTHA, LUIS Y -
MARIO, POR SU COMPRESION .

POR QUE MI CAMINAR SEA SIEMPRE ,
HACIA LA LUZ DE LA VERDAD ,
Y MI TRABAJO ,
EL FRUTO DEL QUE DISFRUTEN MIS HERMANOS .
¡ DIOS ! DEJO EN TUS MANOS ,
MI DIRECCION Y MI OBJETIVO ,
POR QUE ELLO SALVARA A QUIENES AMO .

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. O. M.' with a flourish.

D. O. M. '94.

T E S I S

TEMA:

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA INSTRUMENTACIÓN DE OBRAS -
SUBTERRÁNEAS EN SUELOS BLANDOS.

OBJETIVO:

DESCRIBIR EL PROCESO DE INSTRUMENTACIÓN DE LAS OBRAS
SUBTERRÁNEAS ANTES Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA.

I N D I C E

INTRODUCCION.	3
CAPÍTULO I.	
GENERALIDADES.	
I.1. OBJETO DE LA INSTRUMENTACIÓN.	6
I.2. PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN	8
I.3. INSTRUMENTOS A EMPLEAR EN OBRAS SUBTERRÁNEAS	21
I.4. LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	51
I.5. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA INSTRUMENTACIÓN	57
CAPÍTULO II.	
INSTRUMENTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN.	
II.1 INSTRUMENTOS A EMPLEAR.	62
II.2. COLOCACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.	63
II.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.	
II.4. PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETA CIÓN	71

CAPÍTULO III

INSTRUMENTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y
DESDE EL INTERIOR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA, DURANTE SU -
CONSTRUCCIÓN.

III.1	INSTRUMENTOS A EMPLEAR	79
III.2.	COLOCACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	80
III.3.	FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.	83
III.4.	PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETA CIÓN.	84
APÉNDICE. COSTO DE LA INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA		
	A.1 COSTO DE UNA SECCIÓN INSTRUMEN-- TADA.	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		109

INTRODUCCION

EL PROBLEMA DE EXCAVAR OBRAS SUBTERRÁNEAS EN SUELOS BLANDOS, REVISTE ESPECIAL IMPORTANCIA POR EL PELIGRO INMINENTE DE UN COLAPSO AL REALIZAR LOS TRABAJOS, YA QUE CUANDO LAS PREDICCIONES REALIZADAS POR EL ANÁLISIS TEÓRICO RESPECTO AL COMPORTAMIENTO DE ESTE TIPO DE OBRAS ES COMPARADO CON MEDICIONES DE INSTRUMENTOS, ÉSTOS ÚLTIMOS REPORTARÁN EN QUE MOMENTO SE EMPEZARÁ A PERDER LA ESTABILIDAD O SI ÉSTA SE MANTIENE EN LA OBRA SUBTERRÁNEA CALCULADA EN FORMA TEÓRICA. PARTIENDO DE LA GRAN AYUDA QUE ES UNA HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA EN LA MECÁNICA DE SUELOS, -- COMO LO ES LA INSTRUMENTACIÓN. ESTE SERÁ EL TEMA FUNDAMENTAL DE ESTUDIO EN EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS; QUE ES DESCRIBIR EL PROCESO DE INSTRUMENTACIÓN EN LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS ANTES Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA.

PARA ÉSTO SE PRESENTARÁ PRIMERO ALGUNOS DE LOS INSTRUMENTOS MÁS COMÚNMENTE UTILIZADOS EN OBRAS SUBTERRÁNEAS LOS QUE SE DESCRIBIRÁN Y DETALLARÁN; SU PRINCIPIO DE OPERACIÓN, CONFORMACIÓN Y CARACTERÍSTICAS QUE AFECTAN O PUEDEN IMPEDIR SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO.

EL SEGUNDO PUNTO DEL PRESENTE TRABAJO ES DESCRIBIR LOS POSIBLES INSTRUMENTOS A EMPLEAR ANTES Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA, A FIN DE DAR MAYOR CLARIDAD AL PRESENTE TRABAJO SE TOMA COMO EJEMPLO LAS SECCIONES INSTRUMENTADAS DE LA ESTACIÓN AUDITORIO EN SUS CADENAMIENTOS 12+430 Y 12+525, DE LA LÍNEA No. 7 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE METROPOLITANO (METRO) DE ESTAS SECCIONES INSTRUMENTADAS ANTES Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SE PRESENTAN LOS INSTRUMENTOS Y SUS RESULTADOS, MOSTRÁNDOSE ASÍ UN ESTUDIO PRÁCTICO DE INSTRUMENTACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA SUBTERRÁNEA.

SE PRESENTA EN EL APÉNDICE DE ESTE TRABAJO EL COSTO DE UNA SECCIÓN INSTRUMENTADA CON LA FINALIDAD DE DAR UNA IDEA APROXIMADA DEL MONTO QUE COSTARÍA LA INSTRUMENTACIÓN EN EQUIVALENCIA A SALARIOS MÍNIMOS, DE UNA SECCIÓN DEL EJEMPLO CITADO EN ESTE TRABAJO DE TESIS.

CAPITULO I

GENERALIDADES.

- I.1. OBJETO DE LA INSTRUMENTACIÓN.
- I.2. PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN
- I.3. INSTRUMENTOS A EMPLEAR EN OBRAS SUBTERRÁNEAS.
- I.4. LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN,
- I.5. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE LA INSTRUMENTACIÓN.

I.1. OBJETO DE LA INSTRUMENTACION

EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA PARTICULARMENTE EN MECÁNICA DE SUELOS, ES MOTIVO DE PREOCUPACIÓN PARA EL INGENIERO, LA VARIEDAD DE SUELOS EXISTENTES EN EL CAMPO DEBIDO A QUE UN SUELO EN SU ESTADO NATURAL PRESENTA DEFORMACIONES HORIZONTALES Y VERTICALES, ASÍ COMO ESFUERZOS QUE VARÍAN CON LA PROFUNDIDAD. SITUACIÓN QUE OBLIGA AL DESARROLLO DE TEORÍAS QUE PERMITAN CONOCER LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES EN UNA MASA DE SUELO.

LO ANTERIOR PROVOCA QUE AL APLICAR LAS FÓRMULAS EL INGENIERO MANEJE FACTORES DE SEGURIDAD QUE PERMITAN CUBRIR LA DIFERENCIA ENTRE EL RESULTADO OBTENIDO POR LA APLICACIÓN DE UNA FÓRMULA, PRODUCTO DE LA TEORÍA Y EL COMPORTAMIENTO REAL DE UNA MASA DE SUELO.

SIN EMBARGO AL APLICAR LAS DIFERENTES FÓRMULAS ESTAS PROPORCIONAN RESULTADOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO AL CONSTRUIR UNA OBRA CIVIL DE GRAN MAGNITUD, TAL COMO: PRESAS, TERRAPLENES CIMENTACIONES, OBRAS SUBTERRÁNEAS Y MUCHAS OTRAS OBRAS DE CARACTERÍSTICAS SIMILARES QUE OBLIGAN A EMPLEAR, LA INSTRUMENTACIÓN COMO HERRAMIENTA COMPLEMENTARIA A LOS ANÁLISIS TEÓRICOS, LOS CUALES PREDICEN UN COMPORTAMIENTO APORTANDO RESULTADOS QUE POR MEDIO DE LA INSTRUMENTACIÓN SE IRÁN EVALUANDO Y SE SABRÁ EN QUE MOMENTO ÉSTOS RESULTEN DE RIESGO AL REBASAR LOS FACTORES DE SEGURIDAD, CALCULADOS ANALITICAMENTE POR MEDIO DE LA TEORÍA.

ES POR ÉSTO QUE SE DICE QUE:

LA INSTRUMENTACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL ES UNA HERRAMIENTA QUE PROPORCIONA INFORMACIÓN MUY CERCANA A LA REALIDAD EN CUANTO A MOVIMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES, PRESIONES HIDROSTÁTICAS Y TOTALES, VARIACIÓN DE LOS ESFUERZOS A LOS QUE ESTÁ SUJETO LA ESTRUCTURA DEL SUELO, Y TODOS LOS FENÓMENOS QUE PUEDAN OCURRIR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA OBRA.

LA INSTRUMENTACIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA TIENE EL PROPÓSITO PRINCIPAL DE DAR A CONOCER VALORES SOBRE EL ESTADO DE ESFUERZOS, DEFORMACIONES Y OTROS CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DEL SUELO, ADemás DE DETECTAR A TIEMPO CUALQUIER IRREGULARIDAD EN LA ESTABILIDAD DE LA OBRA QUE PUEDA SER DE CONSECUENCIAS LAMENTABLES.

I.2. PRINCIPIOS DE UN SISTEMA DE MEDICION .

PARTIENDO DE LO QUE SE ENTIENDE POR SISTEMA DE MEDICIÓN, COMO EL CONJUNTO DE ELEMENTOS QUE FORMAN LOS DISPOSITIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA, SE TIENEN A CONTINUACIÓN LOS INSTRUMENTOS MÁS EMPLEADOS EN NUESTRO MEDIO:

TUBO DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO.

PIEZÓMETROS.

CELDA DE CARGA.

INCLINÓMETROS.

EXTENSÓMETRO DE BARRA CON MICRÓMETRO.

EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.

EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR O ALAMBRE.

CELDA DE PRESIÓN.

SISTEMA TOPOGRÁFICO: REFERENCIAS SUPERFICIALES, BANCO DE NIVEL FLOTANTE Y BANCO DE NIVEL PROFUNDO, MEDIANTE TRIANGULACIÓN DE PRECISIÓN.

EN EL EMPLEO DE ESTOS SISTEMAS DE MEDICIÓN ES CONVENIENTE TENER EN MENTE LOS CONCEPTOS ENUNCIADOS MÁS ABAJO CON EL FIN DE CONOCER Y COMPARAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS APARATOS Y VERIFICAR SU FUNCIONAMIENTO :

DICHOS CONCEPTOS SON LOS SIGUIENTES:

"SENSIBILIDAD" SE ENTENDERÁ POR SENSIBILIDAD EL VALOR MÁS PEQUEÑO DE LA VARIABLE MEDIDA, QUE EL APARATO ES CAPAZ DE REGISTRAR O MEDIR.

POR "REPETIBILIDAD" SE ENTENDERÁ LA DIFERENCIA DE UN NÚMERO DE MEDIDAS SIMILARES CON RESPECTO A SU PROMEDIO ARITMÉTICO.

LA "PRECISIÓN ABSOLUTA" SERÁ LA DIFERENCIA ENTRE EL VALOR DETECTADO POR EL APARATO Y EL VALOR REAL DE LA VARIABLE MEDIDA.

POR "RESOLUCIÓN" SE ENTENDERÁ LA FORMA, YA SEA DISCRETA O CONTINUA EN QUE SE DETECTE UNA VARIABLE.

POR "RANGO", SE VA A ENTENDER EL INTERVALO DE VALORES DE UNA VARIABLE EN EL QUE SE OBTIENEN MEDICIONES CONFIABLES.

LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS ACTUALMENTE, EN SU GRAN MAYORÍA CONSTAN DE TRES ELEMENTOS BÁSICOS, COMO SON:

1) EL SENSOR: ELEMENTO QUE DETECTA LAS VARIABLES FÍSICAS QUE INTERESA MEDIR.

2) ELEMENTOS CONDUCTORES DE LA SEÑAL: LO CONFORMAN TRANSDUCTORES QUE TRANSFORMAN LA SEÑAL DETECTADA POR EL SENSOR A UNA SEÑAL DE MÁS FÁCIL MANEJO.

3) REGISTRADOR O MEDIDOR: ELEMENTO FINAL FORMADO POR DOS PARTES:

A) UNA QUE MODIFICA LA SEÑAL HACIÉNDOLA DE FÁCIL MANEJO, LO CUÁL ES LOGRADO POR MEDIO DE UN TRANSDUCTOR, AMPLIFICADOR, FILTRO O SIMILAR.

B) UNA FINAL QUE INDICA LA VARIACIÓN DE LECTURAS, ÉSTA VIENE A SER PROPIAMENTE UN MEDIDOR DE VARIACIONES.

A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN LOS DIFERENTES SENSORES EMPLEADOS POR LOS APARATOS EN CAMPO.

- S
E
N
S
O
R
E
S
- ELÉCTRICO: EL CUÁL PUEDE SER POR:
 - . INDUCTANCIA.
 - . RESISTIVIDAD.
 - . CUERDA VIBRANTE.
 - MECÁNICO: UTILIZA MECANISMOS ARTIFICIALES EN LA QUE SE CONJUNTAN SUS PARTES.
 - NEUMÁTICO: OPERA POR MEDIO DE AIRE COMPRIMIDO.
 - HIDRÁULICO: EMPLEA PARA SUS FUNCIONES AGUA O ACEITE.
 - ÓPTICO: SE FUNDAMENTA EN LA OBSERVACIÓN VISUAL.

LOS ELEMENTOS CONDUCTORES DE LA SEÑAL VARÍAN DEPENDIENDO DEL LUGAR EN EL CUÁL FUNCIONAN, O DE LA ACTIVIDAD QUE SE PRETENDA DESARROLLAR, TALES CAUSAS ORIGINAN QUE SE UTILICEN LOS SIGUIENTES CONDUCTORES.

ELEMENTOS
DE
CONDUCCIÓN
DE LA
SEÑAL

CABLE,
MANGUERA,
BARRA DE ALAMBRE,
LUZ, OJO HUMANO, RAYOS LASER,
SONIDO,
SEÑAL DE RADIO.

Y POR ÚLTIMO PARA EFECTO DE REGISTRAR LA SEÑAL SE UTILIZAN:

LECTOR HUMANO.

DISPOSITIVO DE LECTURA: MECÁNICO; (ESCALA, FLOTADOR),
HIDRÁULICO; (NIVELES DE AGUA),
NEUMÁTICO; (AIRE),
ELÉCTRICO; MEDIDOR DE CARÁTULA,
SEÑAL ACÚSTICA,
SEÑAL DIGITAL.

DESCRITOS LOS COMPONENTES BÁSICOS DE LA INSTRUMENTACIÓN SE CLASIFICARÁ AHORA EN FUNCIÓN DE LOS REQUISITOS DE OPERACIÓN, LOS CUALES SE MENCIONAN A CONTINUACIÓN:

- RESPUESTA; EN FORMA INMEDIATA O DIFERIDA.
- OPERACIÓN; SIENDO CONTÍNUA O PERIÓDICA.
- LOCALIZACIÓN; SIGNIFICA EL QUE SEA FIJO O MÓVIL.
- LECTURAS; SE DIVIDEN EN PUNTALES, LINEALES Y ZONIFICADAS.

- REGISTRO; A { DISTANCIA MANUAL,
DIRECTO AUTOMÁTICO.

BASÁNDONOS EN LA CLASIFICACIÓN ANTERIOR SE DESCRIBEN CARACTERÍSTICAS QUE LOS DEFINEN, LAS CUALES DETERMINAN QUE ELEMENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN ES ELÉCTRICO, NEUMÁTICO O MECÁNICO, HIDRÁULICO U ÓPTICO.

ESTA CLASIFICACIÓN SE HACE EN BASE A LOS PRINCIPIOS DE OPERACIÓN O FUNCIONAMIENTO DEL ELEMENTO SENSOR Y PARA ENTENDER MEJOR SU FUNCIONAMIENTO SE EXPLICARÁ BREVEMENTE LA ESENCIA DE ESTOS PRINCIPIOS:

PRINCIPIOS ELÉCTRICOS; EXISTEN VARIOS SENSORES TRANSDUCTORES DE ESTE TIPO, SIENDO LOS QUE SE APLICAN EN LA (INSTRUMENTACIÓN EN GEOTECNÍA); EL POTENCIÓMETRO, EL TRANSDUCTOR PIEZOELÉCTRICO, EL TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE DE RESPUESTA LINEAL, LOS TRANSDUCTORES DE CUERDA VIBRANTE Y LOS ACCELERÓMETROS, MEDIDORES DE DEFORMACIÓN.

A CONTINUACIÓN SE DARÁ UNA BREVE DEFINICIÓN DE CADA UNO DE ELLOS.

- POTENCIÓMETRO

ESTE DISPOSITIVO ES BÁSICAMENTE UTILIZADO EN LA MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTOS LINEALES O ANGULARES; SU PRINCIPIO DE OPERACIÓN CONSISTE EN QUE A CADA DESPLAZAMIENTO DE ENTRADA LE CORRESPONDE UNA SEÑAL ELÉCTRICA DE SALIDA PROPORCIONAL A LA POSICIÓN DE CONTACTO DESLIZABLE SOBRE UNA RESISTENCIA ELÉCTRICA CONSTITUYENDO ASÍ UNA RESISTENCIA VARIABLE. LA MAGNITUD DE ESTA RESISTENCIA SE CONOCE POR MEDIO DE UN PUENTE DE WHEATSTONE.

LA DESVENTAJA DEL POTENCIÓMETRO ES QUE SU CONTACTO DESLIZABLE PUEDE SUFRIR FALLAS POR DESGASTE O ENMOHECIMIENTO.

- TRANSDUCTOR PIEZOELÉCTRICO.

ESTOS DISPOSITIVOS SON EMPLEADOS PARA MEDIR ESFUERZOS, CONSISTE EN UN CRISTAL PIEZOELÉCTRICO COLOCADO ENTRE DOS ELECTRODOS DE PLACA. ESTOS CRISTALES TIENEN LA PROPIEDAD DE GENERAR UNA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE SUS CARAS AL INDUCIRSE UNA DEFORMACIÓN, ESTE EFECTO ES CONOCIDO COMO EFECTO PIEZOELÉCTRICO.

LO ANTERIOR SUCEDE AL APLICAR UN ESFUERZO SOBRE LAS CARAS DE CRISTAL CUYA DEFORMACIÓN PRODUCE UNA DIFERENCIAL DE POTENCIAL EL CUAL SERÁ PROPORCIONAL Y DEPENDERÁ DE LA ORIENTACIÓN CON QUE SE HALLA CORTADO EL CRISTAL.

LA DIFERENCIA DE POTENCIAL SE REGISTRA EN UN VOLTÍMETRO (EL CRISTAL MÁS EMPLEADO ES EL CUARZO, PERO SE PUEDE UTILIZAR OTRO TIPO DE CRISTALES QUE CUMPLAN CON PROPIEDADES SIMILARES).

SUS VENTAJAS DE ESTE TRANSDUCTOR SON: SU SENCILLEZ, SU BAJO COSTO Y LA AMPLITUD DE SU RANGO; SU DESVENTAJA ES QUE LE AFECTAN LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA CONSIDERABLEMENTE.

- TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE DE RESPUESTA LINEAL.

DISPOSITIVO EMPLEADO EN LA MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTO Y TAMBIÉN EMPLEADO EN LA MEDICIÓN DE FUERZAS O PRESIONES, A TRAVÉS DE ALGÚN MECANISMO QUE CONVIERTA ESTAS VARIABLES A DESPLAZAMIENTOS.

ES UN APARATO QUE CONSISTE EN TRES BOBINAS Y UNA

BARRA DE MATERIAL FERROMAGNÉTICO QUE SE MUEVE LIBREMENTE - ENTRE ELLAS (FIGURA I.1.A), SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SE BASA EN EL ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO QUE SE PRODUCE ---- ENTRE LA BARRA Y LAS BOBINAS CUANDO SE APLICA UN VOLTAJE -- DE ENTRADA EN LA BOBINA PRIMARIA, SIENDO DICHO ACOPLAMIENTO PROPORCIONAL A LA POSICIÓN DE LA BARRA ENTRE ELLAS, POR LO QUE SE LOGRA TRANSFORMAR LA SEÑAL DE ENTRADA ORIGINADA POR EL DESPLAZAMIENTO, EN UNA SEÑAL ELÉCTRICA DE SALIDA, LA --- CUÁL ES LINEAL CON RESPECTO A LA POSICIÓN DE LA BARRA. CUAN DO ÉSTA SE ENCUENTRA CERCA DEL CENTRO DEL ARREGLO DE LAS -- BOBINAS, NORMALMENTE ESTE INTERVALO ES ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE, Y RARA VEZ SE TRABAJA FUERA DE ÉL, CONSTITUYEN DO EL RANGO DEL APARATO.

LAS PRINCIPALES VENTAJAS SON QUE NO EXISTEN CONTACTOS QUE SEAN SUSCEPTIBLES DE DESGASTE O ENMOHECIMIENTO, --- COMO EN EL CASO DEL POTENCIÓMETRO, Y SUS DESVENTAJAS PRIN-- CIPALES SON QUE REQUIERE DE UNA FUENTE DE VOLTAJE RELATIVA-- MENTE GRANDE Y QUE SU RANGO ES PEQUEÑO (DE 0.01 A 7.50 CM.), ADEMÁS DE SU ALTO COSTO.

TRANSDUCTORES DE CUERDA VIBRANTE.

ESTOS TRANSDUCTORES SE UTILIZAN EN LA MEDICIÓN DE DE FORMACIONES, Y A TRAVÉS DE MECANISMOS ES POSIBLE OBTENER -- MEDICIONES DE FUERZAS O PRESIONES.

SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO SE BASA EN EL CAMBIO - DE LA FRECUENCIA NATURAL DE VIBRACIÓN DE UNA CUERDA TENSADA AL VARIAR SU LONGITUD.

TRANSFORMADOR DIFERENCIAL VARIABLE DE RESPUESTA LINEAL .

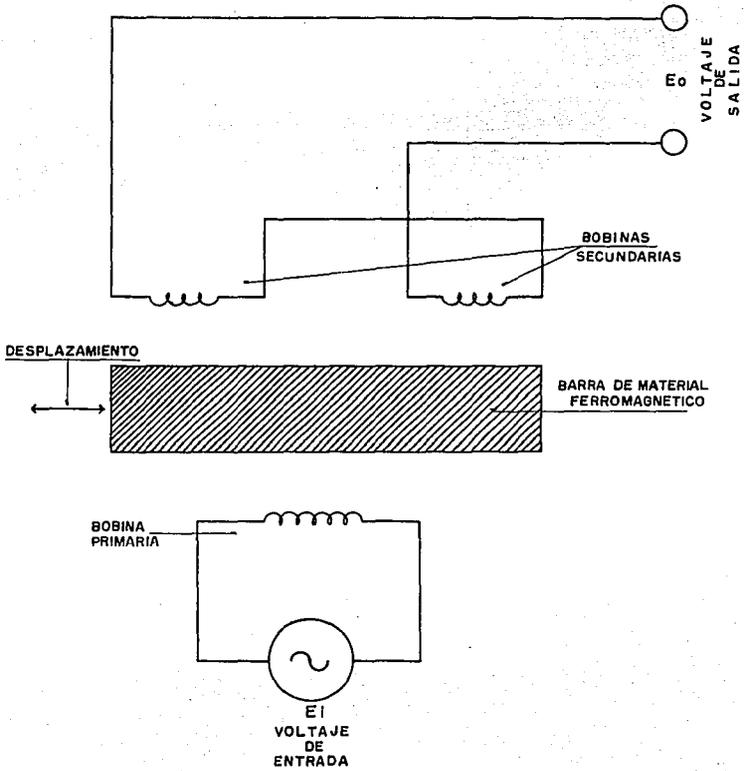


FIGURA I.1.A

CONSISTE DE UN ELEMENTO DENTRO DEL CUÁL SE FIJA LA CUERDA ENTRE DOS PUNTOS DE SOPORTE , DE TAL MANERA QUE EL TRANSDUCTOR ESTÁ FORMADO BÁSICAMENTE POR LA CUERDA TENSADA, LA CUÁL ESTÁ FORMADA DE UN MATERIAL FERROMAGNÉTICO Y DOS ELECTROIMANES COLOCADOS APROXIMADAMENTE A UNA DISTANCIA DE UN MILÍMETRO DE ELLA; CUANDO SE LE APLICA UNA CORRIENTE PULSATORIA A UNO DE LOS ELECTROIMANES LA CUERDA SE EXCITA DEBIDO AL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO INDUCIÉNDOSE UNA CORRIENTE ALTERNA EN EL SEGUNDO ELECTROIMÁN QUE ACTÚA COMO RECEPTOR, (FIG. I.1.B).

LA DESVENTAJA QUE PRESENTA ESTE TRANSDUCTOR ES QUE LO AFECTA LA TEMPERATURA. COMO VENTAJAS TIENE SU BUENA SENSIBILIDAD, REPETIBILIDAD, RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y SU FÁCIL INSTALACIÓN EN MUCHOS INSTRUMENTOS.

- ACCELERÓMETROS.

SON DISPOSITIVOS EMPLEADOS EN LA MEDICIÓN DE MOVIMIENTOS VIBRATORIOS Y DE ACELERACIONES, SU PRINCIPAL APLICACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL ES EN LA MEDICIÓN DE ACELERACIONES SÍSMICAS AUNQUE TAMBIÉN SON EMPLEADOS EN OTRO TIPO DE MEDICIONES.

CONSISTEN EN UNA CARCASA CON UNA MASA SUJETA A UN RESORTE COLOCADO PARALELA A LA ACELERACIÓN QUE SE REQUIERE MEDIR, Y UN SISTEMA DE AMORTIGUAMIENTO EN ESTA MISMA DIRECCIÓN, ESTE EFECTO DE DESPLAZAMIENTO ENTRE LA MASA Y LA CARCASA SON REGISTRADOS POR MEDIO DE UN TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO, SIENDO SU SEÑAL DE SALIDA PROPORCIONAL A LA ACELERACIÓN DE ENTRADA OBTENIÉNDOSE ASÍ UNA MEDIDA DE ESTA ACELERACIÓN, (FIG. I.1.C).

TRANSDUCTOR DE CUERDA VIBRANTE

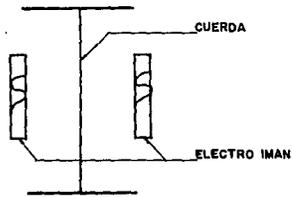


FIGURA I.1.B

ACELEROMETRO

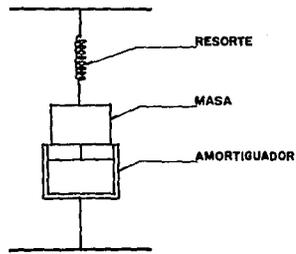


FIGURA I.1.C

PRINCIPIOS MECÁNICOS.

LOS PRINCIPIOS MECÁNICOS SON EMPLEADOS DIRECTAMENTE EN EL SENSOR-TRANSDUCTOR DE GRAN NÚMERO DE INSTRUMENTOS, -----
ADEMÁS SE UTILIZAN COMO PRINCIPIOS AUXILIARES EN APARATOS --
BASADOS EN OTROS SISTEMAS NO MECÁNICOS. DICHSO PRINCIPIOS
SON TAN VARIADOS QUE VAN DESDE LA OBSERVACIÓN DIRECTA DE --
UNA DISTANCIA POR MEDIO DE UNA REGLA GRADUADA HASTA PRINCI-
PIOS HIDRÁULICOS O NEUMÁTICOS MÁS ELABORADOS. PERO EN GENE-
RAL SE BASAN EN POLEAS, PALANCAS, ENGRANES, ETC. Y EN LAS -
LEYES DEL EQUILIBRIO DE LOS FLUIDOS, ESTAS ÚLTIMAS SE ---
EMPLÉAN EN MEDIR PRESIONES Y DESPLAZAMIENTOS VERTICALES.

- MEDIDORES DE DEFORMACIÓN (STRAINING GAGES).

SON DISPOSITIVOS PARA MEDIR DEFORMACIONES, BASÁNDOSE
EN LA PROPIEDAD DEL CAMBIO DE RESISTENCIA ELÉCTRICA EN UN --
CONDUCTOR ELÉCTRICO QUE SE SUJETA A UNA DEFORMACIÓN, ES DE--
CIR, QUE CUANDO UN CONDUCTOR ELÉCTRICO ES SUJETADO FIRMEMEN-
TE A UNA PIEZA EN LA QUE SE DESEA MEDIR LA DEFORMACIÓN, EN -
ESTA OPERACIÓN SE APLICA UNA FUERZA QUE DEFORMARÁ A LA PIEZA
PROVOCANDO UNA DEFORMACIÓN, OCURRIDO ESTO LA PIEZA TRANSMITI-
RÁ AL CONDUCTOR LA SEÑAL, SIENDO DETECTADA POR MEDIO DE UN -
CAMBIO EN SU RESISTENCIA ELÉCTRICA LA CUAL ES REGISTRADA POR
UN PUENTE DE WHEATSTONE.

EN LOS STRAINING-GAGES MÁS USUALES ESTÁN COMPRENDIDAS --
DOS CATEGORÍAS:

A) LOS DE ELEMENTOS SENSIBLE METÁLICO (DE CONSTRUCCIÓN
EN HILO O EN LÁMINA),

B) LOS DE ELEMENTO SENSIBLE SEMICONDUCTOR, FORMADOS DE
SILICIO SENSIBLE A LA DEFORMACIÓN, RAZÓN POR LA QUE SE OBTIE-
NEN MEJORES RESULTADOS EN SU MEDICIÓN.

LA ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD EN EL DISPOSITIVO PUEDE - CAMBIAR LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL MISMO AFECTANDO LAS LECTURAS; POR LO QUE SE DEBE PROTEGER ESTOS DISPOSITIVOS CON - ALGÚN AISLANTE.

LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE ESTOS DISPOSITIVOS SON SU PEQUEÑO TAMAÑO, SU BAJO COSTO Y SU RELATIVA FACILIDAD DE INSTALACIÓN.

EXISTEN OTROS SISTEMAS QUE CONSISTEN EN LOGRAR EL EQUILIBRIO DE PRESIONES A AMBOS LADOS DE UNA MEMBRANA EN LA CUAL ACTÚA SOBRE UNO DE SUS LADOS LA PRESIÓN DESCONOCIDA Y EN EL OTRO UNA PRESIÓN CONTROLADA CONOCIDA, QUE SE APLICA AL EFECTUAR LA MEDICIÓN. PARA LOGRAR EL EQUILIBRIO SE UTILIZA A LA MEMBRANA COMO UN OBTURADOR ENTRE DOS CONDUCTORES A UN LADO - DE LA MISMA, QUEDANDO EL EQUILIBRIO ESTABLECIDO AL HACER DISMINUIR LA PRESIÓN APLICADA EN LOS CONDUCTOS DESPUÉS DE HABER SOBREPASADO LA PRESIÓN DE EQUILIBRIO, ÉSTA PRESIÓN QUE SE REGISTRARÁ AL IGUALAR LAS PRESIONES (PRESIÓN CONTROLADA Y EXTERIOR) NOS DARÁ LA PRESIÓN O DESPLAZAMIENTO OCURRIDO.

PRINCIPIOS OPTICOS.

ESTOS PRINCIPIOS SON UTILIZADOS PRINCIPALMENTE EN LAS TÉCNICAS TOPOGRÁFICAS DE MEDICIÓN. DICHAS TÉCNICAS CONSISTEN EN LA DETERMINACIÓN DE ELEVACIONES POR MEDIO DE NIVELACIONES ÓPTICAS, EN LAS QUE SE DETERMINAN DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES A PARTIR DE LINEAS DE COLIMACIÓN Y MEDICIÓN DE PUNTOS POR MEDIO DE TRIANGULACIÓN.

LA DETERMINACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS VERTICALES POR --
ESTOS PROCEDIMIENTOS CONSISTEN EN FIJAR UNA SERIE DE BANCOS
DE OBSERVACIÓN Y CORRER NIVELACIONES PERIÓDICAS, OBSERVANDO -
EL CAMBIO DE ELEVACIÓN DE LOS BANCOS.

EN CUANTO A LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES, SON DETER
MINADOS POR MEDIO DE LA MEDICIÓN DIRECTA A DISTANCIA ENTRE -
UNA LÍNEA DE COLIMACIÓN FIJA Y UNA SERIE DE PUNTOS DE OBSERVA
CIÓN. LA EJECUCIÓN DE MEDICIONES POSTERIORES PERMITIRÁN CONO
CER DESPLAZAMIENTOS EN PUNTOS ESTABLECIDOS. EL MÉTODO DE --
TRIANGULACIÓN ANTES MENCIONADO CONSISTE EN UNA SERIE DE PUNTOS
EN OBSERVACIÓN, CONSTITUYENDO LOS VÉRTICES DE UNA RED DE ---
TRIÁNGULOS, CUYOS DESPLAZAMIENTOS SE OBTIENEN POR MEDIO DE LA
MEDICIÓN DE SUS ÁNGULOS INTERIORES RELACIONADOS A UNA LÍNEA -
DE BASE FIJA LONGITUDINAL CONOCIDA.

1.3. INSTRUMENTOS A EMPLEAR EN OBRAS SUBTERRÁNEAS.

LA INSTRUMENTACIÓN SE DEBE SELECCIONAR PARTIENDO DE -
LAS VARIABLES QUE SE REQUIERAN MEDIR, SIENDO ÉSTAS LAS QUE SE
ENLISTAN A CONTINUACIÓN:

- NIVEL FREÁTICO.
- PRESIÓN DE PORO.
- ESFUERZOS TOTALES DENTRO DE LA MASA DE SUELO.
- EMPUJE DE TIERRA EJERCIDO CONTRA LA ESTRUCTURA.
- ASENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE.
- ASENTAMIENTO DEL SUBSUELO.
- DEFORMACIONES HORIZONTALES SUPERFICIALES.
- DEFORMACIONES HORIZONTALES DEL SUBSUELO.
- DISTRIBUCIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS EN LA MASA DE -
SUELO.

A CONTINUACIÓN SE ENLISTAN LOS INSTRUMENTOS POSIBLES A EMPLEAR
EN UNA OBRA SUBTERRÁNEA.

- TUBO DE OBSERVACIÓN DE NIVEL FREÁTICO.
- PIEZÓMETRO ABIERTO.
- PIEZÓMETRO NEUMÁTICO.
- PIEZÓMETRO ELÉCTRICO.
- REFERENCIAS SUPERFICIALES.
- BANCO DE NIVEL FLOTANTE.
- BANCO DE NIVEL PROFUNDO.
- CELDA DE CARGA.
- CELDA DE PRESIÓN.
- EXTENSÓMETRO DE BARRA.
- EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.
- EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR O ALAMBRE.
- INCLINÓMETRO.

A CONTINUACIÓN SE MENCIONA LA VARIABLE Y SE DESCRIBE EL INSTRUMENTO O INSTRUMENTOS POSIBLES A EMPLEAR EN OBRAS SUBTERRÁNEAS.

1.3.1. NIVEL FREÁTICO.

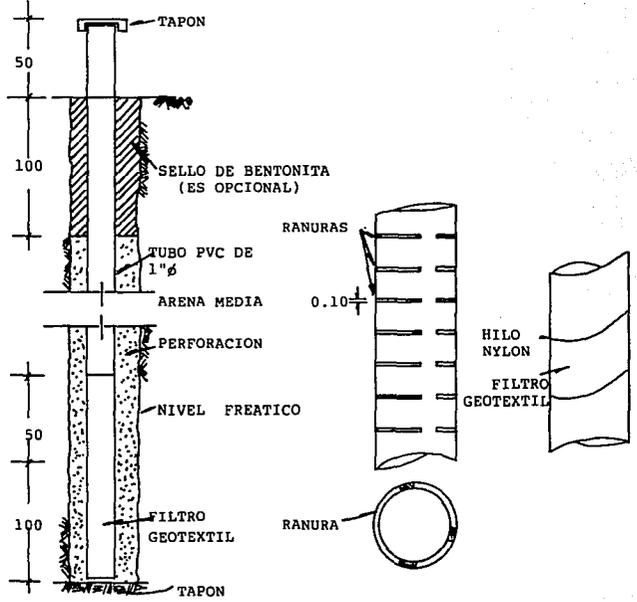
A) TUBO DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO.

ESTE DISPOSITIVO PERMITE DETERMINAR LA POSICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO, ASÍ COMO SU VARIACIÓN ESTACIONAL EN LOS PERÍODOS DE LLUVIAS Y SEQUÍA; SIRVE TAMBIÉN PARA DETECTAR EL ABATIMIENTO DE ESTE NIVEL A LARGO PLAZO. ESTA MEDICIÓN ES INDISPENSABLE PARA DEFINIR EL ESTADO DE ESFUERZOS DE LA MASA DEL SUELO DEL SITIO, ASÍ COMO SU EVOLUCIÓN CON EL TIEMPO.

EL TUBO DE OBSERVACIÓN ES UN DUCTO VERTICAL INSTALADO EN UNA PERFORACIÓN, QUE PROFUNDIZA POR LO MENOS UN METRO POR DEBAJO DEL NIVEL FREÁTICO (FIGURA 1.3.A); SU PARTE INFERIOR ES PERMEABLE PARA PERMITIR LA ENTRADA DEL AGUA FREÁTICA Y LA SUPERIOR SELLADA CON BENTONITA, PARA EVITAR QUE EL AGUA SUPERFICIAL PENETRE AL TUBO. EN LA FIGURA DE ESTE DISPOSITIVO SE MUESTRA QUE PUEDE SER DE PLÁSTICO PVC DE 1 PULG. DE DIÁMETRO CON RANURAS HORIZONTALES DE 1 MM. DE ESPESOR EN UN TRAMO DE LONGITUD 1.5 M. PARA EVITAR QUE EL SUELO PENETRE AL INTERIOR DEL TUBO USUALMENTE SE UTILIZA UN FILTRO GEOTEXTIL.

PARA LA INSTALACIÓN DE ESTOS TUBOS SE REALIZA UNA PERFORACIÓN DE 5 A 10 CM. DE DIÁMETRO QUE PUEDE HACERSE CON MÁQUINA, O BIÉN, MANUALMENTE CON LA BARRENA HELICOIDAL, PARA HACER ESTA PERFORACIÓN NO DEBE UTILIZARSE LODO BENTONÍTICO.

TUBO DE OBSERVACION



- 23 -

FIGURA I.3.A

UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACIÓN SE INTRODUCE EL TUBO DE OBSERVACIÓN PROTEGIDO CON UNA FUNDA DE POLIETILENO O UN TUBO METÁLICO, CUYA FUNCIÓN ES EVITAR QUE EL FILTRO SE CONTAMINE POR LA MANIOBRA; CUANDO EL TUBO ESTÁ APOYADO EN EL FONDO DE LA PERFORACIÓN SIMPLEMENTE SE LEVANTA LA FUNDA DE PROTECCIÓN. A CONTINUACIÓN SE RELLENA LA PERFORACIÓN EN SU PARTE INFERIOR CON ARENA MEDIA Y EL ÚLTIMO METRO CON BENTONITA.

1.3.2 PRESIÓN DE PORO

A) PIEZÓMETRO ABIERTO.

ESTE INSTRUMENTO PERMITE DETERMINAR LA PRESIÓN DE PORO DE UN LUGAR A UNA CIERTA PROFUNDIDAD, AL MEDIR EL NIVEL DEL AGUA QUE SE ESTABLECE EN UN TUBO VERTICAL, QUE TIENE SU EXTREMO INFERIOR PERMEABLE. ESTA INFORMACIÓN ES NECESARIA PARA ALGUNO DE LOS SIGUIENTES PROPÓSITOS:

- 1) DETERMINAR EL ESTADO INICIAL DE ESFUERZO DEL SITIO DE ESTUDIO.
- 2) DEFINIR LAS CONDICIONES DE FLUJO DE AGUA.
- 3) CONOCER LA INFLUENCIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO EN LA PRESIÓN DE PORO.

SE CONSTITUYE DE UN TUBO VERTICAL, USUALMENTE DE PVC O METÁLICO DE 2,5 PÚLG. DE DIÁMETRO (FIG. 1.3.B), CON COPLES CEMENTADOS, Y UNA CELDA PERMEABLE CON TUBO DE PVC DE 1.5 PÚLG. DE DIÁMETRO Y 30 CM. DE ALTURA, CON RANURAS HORIZONTALES DE 1MM, QUE PERMITE EL PASO DE AGUA; SE ACOSTUMBRA LLENAR LA CELDA PERMEABLE CON ARENA DE PARTÍCULAS MAYORES DE 2MM. ADICIONALMENTE SE COLOCA UN FILTRO O UNA MALLA MUY FINA PARA CONFINAR LA ARENA DENTRO DE LA CELDA.

PIEZOMETRO ABIERTO

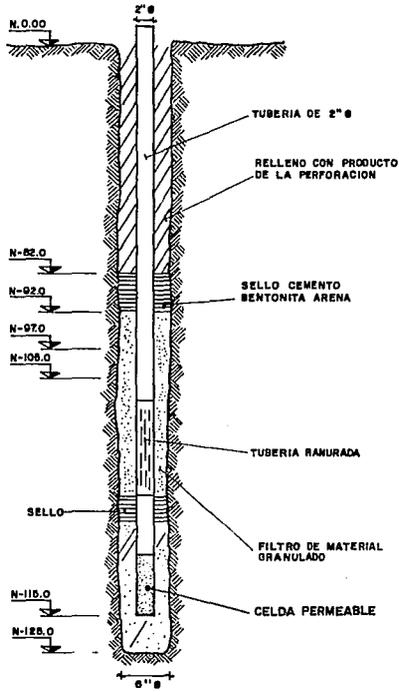


FIGURA I.3.B

ESTOS PIEZÓMETROS SE INSTALAN EN PERFORACIONES VERTICALES, CUIDANDO QUE LA CELDA PERMEABLE SE MANTENGA LIBRE DE LODO QUEDANDO RODEADA DE UN FILTRO DE ARENA LIMPIA; ESTE PROCEDIMIENTO ES REALIZADO EN ETAPAS:

1) SE PERFORA EL SUELO CON UN DIÁMETRO DE 3 Ó 4 PULG. HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 60 CM. POR DEBAJO DE LA INSTALACIÓN DEL PIEZÓMETRO; EL FLUIDO DE PERFORACIÓN DEBE SER AGUA.

2) SE INSTALA ADEME METÁLICO DE DIÁMETRO VARIABLE CERCANO AL DE PERFORACIÓN Y SE HACE CIRCULAR AGUA LIMPIA HASTA QUE RETORNE CON UN MÍNIMO DE MATERIAL EN SUSPENSIÓN.

3) SIMULTÁNEAMENTE A LO ANTERIOR SE ENSAMBLA EL PIEZÓMETRO CON LA LONGITUD TOTAL DEL TUBO VERTICAL A LA PROFUNDIDAD QUE SE REQUIERA, PARA PERMITIR QUE EL CEMENTO DE LOS COPLES TENGA TIEMPO SUFICIENTE PARA ENDURECER; SI SE EMPLEA TUBERÍA METÁLICA EN LAS CUERDAS SE DEBE COLOCAR CINTA DE TEFLÓN.

4) SE EXTRAE EL ADEME 30 CM. Y SE VACÍA ARENA BIEN GRADUADA EN EL POZO, CONTROLANDO SU VOLUMEN .

5) SE COLOCA EL PIEZÓMETRO DENTRO DEL POZO, COMPROBANDO QUE QUEDE BIEN ASENTADO EN LA ARENA.

ESTA MANIOBRA SE HACE APROVECHANDO LA FLEXIBILIDAD DE LA TUBERÍA DE PVC, QUE FÁCILMENTE ADMITE RADIOS DE CURVATURA DE 3 M. APROXIMADAMENTE; CUANDO SE UTILIZA TUBERÍA METÁLICA SE ENROSCA A MEDIDA QUE SE INTRODUCE AL POZO.

EN AMBOS CASOS SE COLOCA UN TAPÓN SUPERIOR ROSCADO O DÉBILMENTE CEMENTADO, CON UNA PEQUEÑA PERFORACIÓN PARA QUE EL AIRE ENTRAMPADO TENGA SALIDA.

6) SE EXTRAER EL ADEME EN TRAMOS DE 10 CM. VACIANDO GRADUALMENTE ARENA DENTRO DEL POZO HASTA APROXIMADAMENTE 30 CM. - POR ARRIBA DEL BULBO.

7) SE AGREGA BENTONITA EN BOLAS PARA SELLAR UN TRAMO - DE UN METRO DEL POZO, CONTROLANDO SU VOLUMEN.

8) SE EXTRAER EL ADEME Y SE RELLENA EL POZO CON LODO -- ARCILLOSO.

B) PIEZÓMETRO NEUMÁTICO.

ESTE INSTRUMENTO, AL IGUAL QUE EL PIEZÓMETRO ABIERTO, - PERMITE DETERMINAR LA PRESIÓN DE PORO, A UNA CIERTA PROFUNDIDAD, MIDIENDO DIRECTAMENTE LA PRESIÓN QUE EJERCE EL AGUA SOBRE UNA - MEMBRANA O DIAFRAGMA; COMO EL VOLUMEN DE AGUA QUE SE REQUIERE - PARA ACTIVAR LA MEMBRANA ES MUY REDUCIDO, SU TIEMPO DE RESPUESTA ES CORTO. LO ANTERIOR HACE QUE ESTOS PIEZÓMETROS SEAN PARTICULARMENTE ADECUADOS PARA DETECTAR LOS CAMBIOS DE PRESIÓN DE -- PORO PROVOCADOS A CONSECUENCIA DE UN PROCESO CONSTRUCTIVO.

EN LA FIGURA I.3.C. SE MUESTRA UN PIEZÓMETRO NEUMÁTICO, EN EL QUE SU SENSOR ESTÁ FORMADO POR DOS PIEZAS CILÍNDRICAS DE ACERO INOXIDABLE, UNIDAS CON 6 TORNILLOS DE 1/4 PULG. DE DIÁMETRO; AMBAS PIEZAS APRISIONAN PERIMETRALMENTE LA MEMBRANA FLEXIBLE DE ACERO INOXIDABLE DE 0.002 PULG. DE ESPESOR. POR DEBAJO DE LA MEMBRANA SE ENCUENTRA EL BULBO PERIMETRAL DE PVC Y LA PIEZA POROSA FINA; POR ARRIBA ESTÁN LOS DOS ARO-SELLOS, EL EXTERIOR QUE SELLA HERMÉTICAMENTE A LA MEMBRANA Y EL INTERIOR, MÁS PEQUEÑO, QUE SIRVE PARA CONTROLAR LA OPERACIÓN DEL AIRE A PRESIÓN.

COMPLEMENTAN ESTE APARATO LAS DOS LÍNEAS DE TUBO FLEXIBLE POLIFLOW. UNA PARA INTRODUCIR EL AIRE A PRESIÓN Y LA OTRA --

DE SALIDA; FINALMENTE, UN TRAMO DE TUBERÍA DE PVC DE 3/4 - PULG. DE DIÁMETRO EN CUYO EXTREMO INFERIOR QUEDA FIJO EL PIEZÓMETRO NEUMÁTICO.

SU INSTALACIÓN SE REALIZA EN LA MISMA FORMA QUE EL PIEZÓMETRO ABIERTO, CUIDANDO QUE EL BULBO PERMEABLE SE MANTENGA LIBRE DE LODO, Y UN CUIDADO ADICIONAL DE PROTEGER CON TAPONES LOS TUBOS DE POLYFLOW, DE ENTRADA Y SALIDA DEL AIRE, TENIENDO BIEN IDENTIFICADOS LOS EXTREMOS DE CADA LÍNEA.

ES NECESARIO TENER EN CUENTA QUE UN SÓLO GRANO DE ARENA QUE PENETRE EN LOS TUBOS DE AIRE OBSTRUIRÁ SU FUNCIONAMIENTO.

c) PIEZÓMETRO ELÉCTRICO.

LOS PIEZÓMETROS DE ESTE TIPO CONSISTEN EN UN TRANSDUCTOR ELÉCTRICO DE DESPLAZAMIENTO ACCIONADO POR LA PRESIÓN DEL AGUA A TRAVÉS DE UN DIAFRAGMA. LOS TRANSDUCTORES MÁS EMPLEADOS SON EL DE CUERDA VIBRANTE Y EL DE STRAIN-GAGES.

EL INSTRUMENTO QUE EMPLEA EL PRIMER TRANSDUCTOR ESTÁ FORMADO POR UNA CARCASA DE ACERO EN CUYO INTERIOR CONTIENE UNA CUERDA VIBRANTE SUJETA A UN DIAFRAGMA QUE SE FLEXIONA BAJO LA ACCIÓN DE LA PRESIÓN DE PORO ACTUANDO EN UNO DE SUS LADOS DESPUÉS DE PASAR POR UNA PIEDRA POROSA (FIG. I.3.D).

EN LA CÁMARA DE LA CUERDA VIBRANTE SE MANTIENE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA POR MEDIO DE UNA MANGUERA QUE COMUNICA AL EXTERIOR.

PIEZOMETRO NEUMATICO .

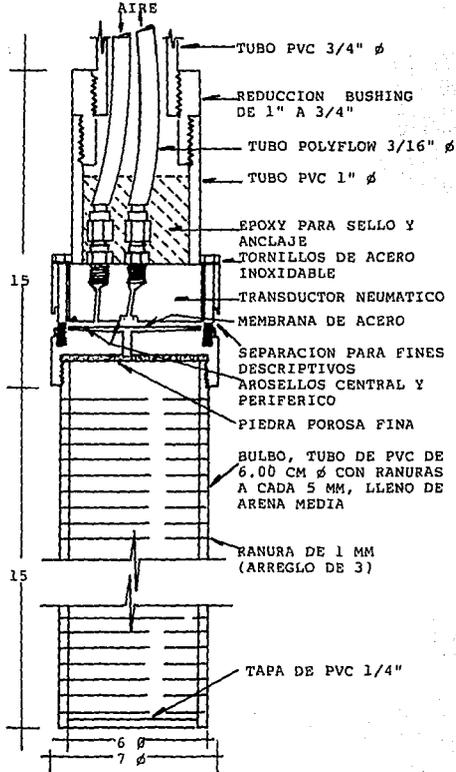


FIGURA I.3.C

PIEZOMETRO ELECTRICO .

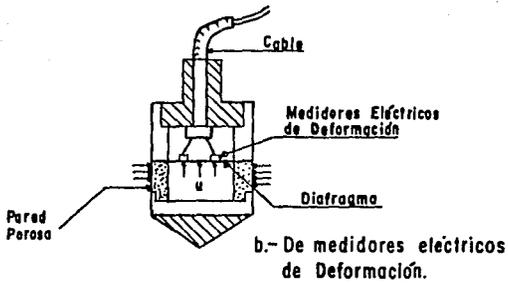
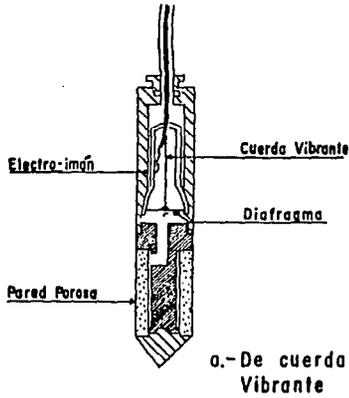


FIGURA I.3.D

LA INSTALACIÓN SE REALIZA EN FORMA SIMILAR A LOS ANTERIORES TENIENDO ESPECIAL CUIDADO CON LAS PARTES ELÉCTRICAS, LAS CUALES SON LAS ÚNICAS DIFERENTES A LA CONFORMACIÓN DE LOS ANTERIORES.

1.3.3. ASENTAMIENTOS DE LA SUPERFICIE Y DEFORMACIONES HORIZONTALES SUPERFICIALES.

A) REFERENCIAS SUPERFICIALES.

CON ESTA REFERENCIA SE MIDEN LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO QUE CIRCUNDA LA OBRA SUBTERRÁNEA, CASO PARTICULAR DE NUESTRO TEMA DE ESTUDIO, ASÍ COMO DE LAS CONSTRUCCIONES PRÓXIMAS QUE PUEDIERAN SUFRIR DAÑOS A CONSECUENCIA DE LAS EXCAVACIONES. --- ESTAS MEDICIONES PERMITEN DETECTAR OPORTUNAMENTE EL DESARROLLO DE CONDICIONES DE INESTABILIDAD, O BIEN DE DEFORMACIONES INADMISIBLES.

DICHAS REFERENCIAS SUPERFICIALES SON PUNTOS FIJOS EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y TESTIGOS EN LAS ESTRUCTURAS VECINAS; LOS PRIMEROS SE INSTALAN DEFINIENDO LÍNEAS DE COLIMACIÓN PARALELAS AL EJE DE LA OBRA Y PERPENDICULARES A ÉSTA O COMO PUNTOS AISLADOS PARA REFERENCIAS DE NIVEL, OBSERVANDO LAS LÍNEAS DE COLIMACIÓN CON UN TRÁNSITO, SE DETECTAN LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES, MIENTRAS QUE CON NIVEL ÓPTICO Y ESTADALES SE DETERMINAN LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES. --- LOS TESTIGOS EN MUROS DE ESTRUCTURAS VECINAS DETERMINAN LA INFLUENCIA DE LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES INDUCIDOS POR LAS EXCAVACIONES DE LA OBRA SUBTERRÁNEA A ÉSTAS ESTRUCTURAS.

LAS REFERENCIAS SUPERFICIALES PUEDEN SER COMO SE MUESTRAN EN LA FIGURA I.3.E, QUE VAN DESDE UN REGISTRO DE 40 X 60 CM. EN EL QUE SE ALOJA UN PRISMA TRUNCADO DE CONCRETO EN EL QUE SE AHOGA UNA VARILLA CON PUNTA DE BALA PARA LOS BANCOS DE NIVEL SUPERFICIALES O UNA VARILLA DE PUNTA DE BALA HINCADA PARA TESTIGOS SUPERFICIALES EN BANQUETA. EN AMBOS CASOS SE TENDRÁ QUE MARCAR UN CENTRO CON UNA RANURA, LA QUE SERVIRÁ DE GUÍA A LA REGLA METÁLICA DE MEDICIÓN.

LOS TESTIGOS EN ESTRUCTURAS VECINAS SON REFERENCIAS DE NIVEL HORIZONTAL QUE PUEDEN SER COMO EL MOSTRADO EN LA FIGURA I.3.F, SIMPLEMENTE FORMADO POR UN TRIÁNGULO ROJO PINTADO SOBRE UN FONDO BLANCO. AMBOS SE LOCALIZAN EN LOS MUROS DE CONSTRUCCIONES CERCANAS A LAS EXCAVACIONES.

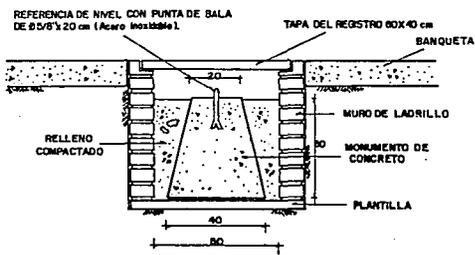
B) BANCO DE NIVEL FLOTANTE.

EL BANCO DE NIVEL FLOTANTE PERMITE DETERMINAR LOS MOVIMIENTOS VERTICALES CAUSADOS POR LAS EXPANSIONES Y HUNDIMIENTOS PROVOCADOS CON LA OBRA SUBTERRÁNEA. LAS MEDICIONES DE ESTE INSTRUMENTO DEBERÁN ESTAR REFERIDAS A UN BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

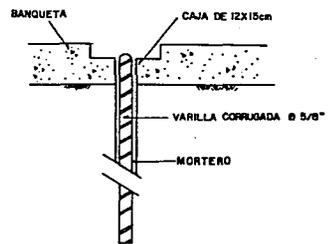
A ESTE BANCO LO CONFORMAN TUBOS GALVANIZADOS DE 1.0 PULG. DE DIÁMETRO, EN TRAMOS DE UN METRO CUYA LONGITUD ES LA PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN DEL BANCO. EN SU PARTE INFERIOR SE COLOCARÁ UN MUERTO DE CONCRETO POBRE DE 4 PULGADAS DE DIÁMETRO Y 30 CM. DE ALTURA, QUE UNIRÁ EL TUBO GALVANIZADO MEDIANTE UN COPLÉ UNIÓN Y EN SU PARTE SUPERIOR SE COLOCARÁ UN TAPÓN PARA NIVELACIÓN (FIG. I.3.G.).

SU PROFUNDIDAD SERÁ VARIABLE EFECTUÁNDOSE UNA PERFORACIÓN DE 6" DE DIÁMETRO CON UNA MÁQUINA QUE CUENTE CON EQUIPO PARA EL LAVADO DE POZO, CONCLUIDO ÉSTE SE BAJARÁ EL CILINDRO DE CONCRETO A SU PARTE INFERIOR, ACOPLÁNDOSE LOS TRAMOS DE UN METRO DE TUBO GALVANIZADO DEBIENDO ASEGURARSE QUE EL CILINDRO DE CONCRETO APOYE FIRMEMENTE EN EL FONDO DEL POZO POR LO QUE SE DEBE ESTAR PENDIENTE DE LA PROFUNDIDAD DE PERFORA -----

1
33
1

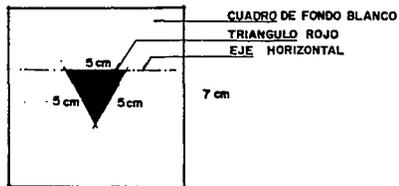


BANCO DE NIVEL SUPERFICIAL



TESTIGO SUPERFICIAL EN BANQUETA

FIGURA I.3.E
7 cm



REFERENCIA EN ESTRUCTURAS

FIGURA I.3.F

BANCO DE NIVEL FLOTANTE

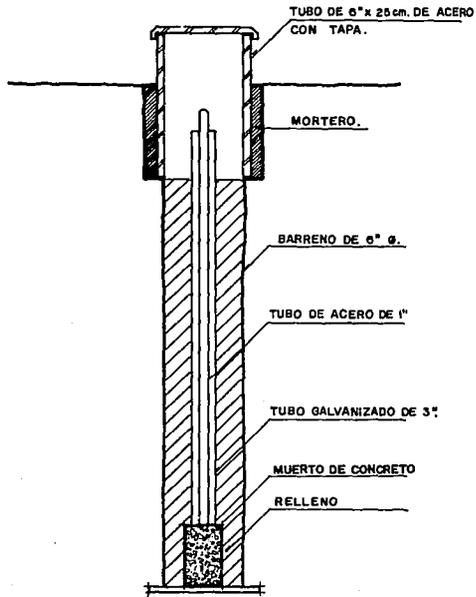


FIGURA I.3.G

CIÓN.

DESPUÉS DE ESTOS TRABAJOS DEBERÁ RELLENARSE CON GRAVA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 3/4 DE PULGADA.

EN LO QUE RESPECTA A SU PROTECCIÓN DEPENDERÁ DE SU UBICACIÓN COMO SIGUE:

VÍA PÚBLICA: EL TUBO PROTECTOR DEBERÁ ESTAR EMBEBIDO EN CONCRETO POBRE, EL TAPÓN CAPA DEBE ESTAR A NIVEL DE PISO Y TENER UN CANDADO DE SEGURIDAD.

OBRA: EL TUBO PROTECTOR DEBERÁ INSTALARSE EN UNA PERFORACIÓN RELLENA CON TEPATE COMPACTADO, NO DEBERÁ TENER CANDADO Y DEBERÁ SOBRESALIR 20 CM. PARA QUE SEA VISIBLE.

C) BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

ES UN PUNTO FIJO QUE NO SUFRE ASENTAMIENTOS REGIONALES QUE PUDIERAN ESTAR OCURRIENDO EN LA SUPERFICIE DEL TERRENO; SIRVE DE REFERENCIA CONFIABLE PARA LA MEDICIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES, QUE TIENEN LUGAR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA Y DURANTE SU VIDA ÚTIL.

LO CONFORMA UNA COLUMNA METÁLICA DELGADA FIRMEMENTE APOYADA EN UN ESTRATO DE SUELO QUE NO SE ASIENTA FIG. 1.3.H; SE INSTALA DENTRO DE UNA PERFORACIÓN DE 4½ PULG.; DE DIÁMETRO QUE SE PROFUNDIZA HASTA EL ESTRATO FIRME QUE NO SUFRE ASENTAMIENTO. LA COLUMNA METÁLICA ES UN TUBO GALVANIZADO DE 1½ PULG.; CON COPLES A LOS QUE SE LES HAN LIMADO LAS ARISTAS; SU EXTREMO SUPERIOR TERMINA EN UN VÉRTICE, EN EL QUE SE APOYA EL ESTADAL. -- EN SU EXTREMO INFERIOR LA COLUMNA SE ANCLA EN UN MUERTO DE CONCRETO DE 10 CM. DE DIÁMETRO Y 30 CM. DE ALTURA.

BANCO DE NIVEL PROFUNDO .

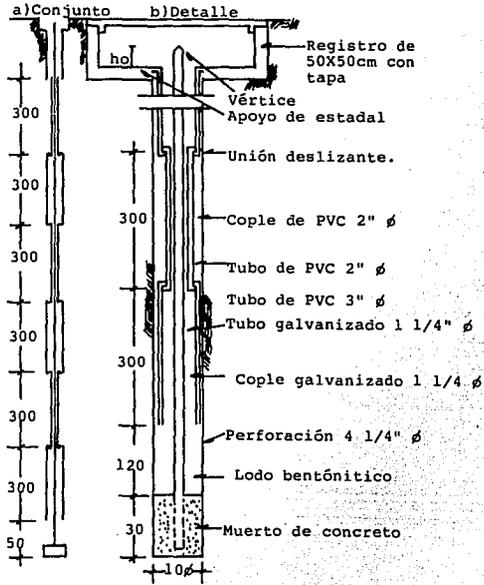


FIGURA I.3.H

LA COLUMNA METÁLICA SE PROTEGE CON ADEME VERTICAL -
PARA ABSORBER LAS DEFORMACIONES VERTICALES DE LOS ESTRATOS DE
SUELO Y PERMITIR QUE EL TUBO MANTENGA CONSTANTE SU POSICIÓN. -
EN ZONAS QUE SUFRAN ASENTAMIENTOS REGIONALES IMPORTANTES (MAYO-
RES DE 10 CM. AL AÑO) ES NECESARIO QUE EL ADEME DE PROTECCIÓN -
SEA TELESCÓPICO, MIENTRAS QUE EN ZONAS CON ASENTAMIENTOS MENO--
RES PUEDE SER UN SIMPLE TUBO RECTO.

EL ADEME TIPO TELESCÓPICO SE FORMA CON TUBOS DE PVC -
DE 2 Y 3 PULG. DE DIÁMETRO CON UNIONES DESLIZANTES; LOS COPLES
DE UNIÓN SE COLOCAN EN LOS TUBOS DE 2 PULG. DE DIÁMETRO. EN LA
SUPERFICIE SE COLOCA UN REGISTRO DE PROTECCIÓN E IDENTIFICACIÓN.

UNA VEZ SELECCIONADO EL SITIO Y LA PROFUNDIDAD PARA -
LA INSTALACIÓN DEL BANCO DE NIVEL PROFUNDO, MEDIANTE EL RECONO-
CIMIENTO PREVIO DE LA LÍNEA, SE PROCEDE DE LA SIGUIENTE MANERA:

- SE HACE EL BARRENO DE 4½ PULG. DE DIÁMETRO HASTA -
PENETRAR EN EL ESTRATO FIRME APROXIMADAMENTE 0.3 M. ESTABILIZAN-
DO LA EXCAVACIÓN CON LODO BENTONÍTICO.

- SE INTRODUCE SIMULTÁNEAMENTE EL CONJUNTO DE TUBO -
CENTRAL CON SU CILINDRO DE APOYO Y ADEME PROTECTOR, BAJANDO -
ÉSTOS DOS ÚLTIMOS FIRMEMENTE APOYADOS PARA EVITAR QUE PENETRE
MATERIAL SÓLIDO DENTRO DEL ADEME.

- UNA VEZ QUE SE HA LLEGADO AL FONDO Y APOYANDO EL ---
CILINDRO DE CONCRETO, SE LEVANTA EL ADEME 1.2 M. POR ARRIBA. -
DEL FONDO.

- POR ÚLTIMO SE COLOCA EL REGISTRO DE PROTECCIÓN Y SE
FIJA LA TUBERÍA AL REGISTRO.

1.3.4 ASENTAMIENTO DEL SUBSUELO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS DESPLA-
ZAMIENTOS EN LA MASA DE SUELO.

A) EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR O DE ALAMBRE.

LOS DISPOSITIVOS DE ALTA CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE ESTE TIPO SON LOS DE ALAMBRE INVAR DE DIÁMETRO PEQUEÑO, TENSIONADO A UN VALOR CONSTANTE, TAMBIÉN CONOCIDOS COMO LÍNEAS DE CONVERGENCIA.

ES CONFORMADO POR UNA UNIDAD DE LECTURA CON LOS SIGUIENTES ADITAMENTOS; 1) UN DINAMÓMETRO Y UN DISPOSITIVO TENSOR PARA ASEGURAR QUE LA CINTA O EL ALAMBRE TENGAN LA MISMA TENSIÓN EN MEDICIONES SUCESIVAS ENTRE DOS PUNTOS Y 2) UN MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTOS, QUE EN EL CASO DE EXTENSÓMETRO DE CINTA PROPORCIONA LECTURAS COMPLEMENTARIAS DE TRAMOS DE LONGITUD FIJA.

LA CINTA TIENE PERFORACIONES DE PRECISIÓN PARA GARANTIZAR LA REPETIBILIDAD DE LAS MEDICIONES; LAS PERFORACIONES SE ENCUENTRAN A INTERVALOS IGUALES QUE DEPENDEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTOS; TANTO EL EXTENSÓMETRO DE CINTA COMO EL DE ALAMBRE CUENTAN CON DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN EN SUS DOS EXTREMOS (FIGURA I.3.I.)

PARA SU EMPLEO SE REQUIERE DE LA INSTALACIÓN EN LA OBRA SUBTERRÁNEA DE PIJAS PERMANENTES DE REFERENCIA EMPOTRÁNDOLAS DE PREFERENCIA EN EL TERRENO NATURAL, PARA ASÍ PODER SEGUIR EL DESARROLLO COMPLETO DE LAS DEFORMACIONES, INCLUYENDO LA ETAPA DE COLOCACIÓN DEL ADEME; SI ÉSTO NO ES POSIBLE, SE INSTALARÁN EN EL RESTIMIENTO.

EXTENSÓMETRO DE BARRA.

DISPOSITIVO FORMADO POR UNA O VARIAS BARRAS DE ACERO, UNO DE CUYOS EXTREMOS SE ANCLA AL TERRENO Y EN EL OTRO SE APOYA UN MICRÓMETRO O CUALQUIER OTRO TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTOS MONTADO EN UN MARCO DE REFERENCIA (FIGURA I.3.J), DICHO EXTENSÓMETRO SE COLOCA DENTRO DE UN BARRENO, CON EL EXTREMO FIJO ---

ANCLADO AL TERRENO Y LA PUNTA LIBRE REACCIONANDO AL MECANISMO DE MEDICIÓN, CUANDO EL TERRENO DE LA PERFORACIÓN SEA INESTABLE SE REQUERIRÁ INSTALAR UN ADEME, LAS PROFUNDIDADES A LAS QUE SE COLOCAN LAS ANCLAS FIJAS NORMALMENTE VARÍAN ENTRE 2 Y 8 M., MEDIDOS A PARTIR DE LA SUPERFICIE DEL BARRENO.

EL ANCLAJE DE LA BARRA SE LOGRA CON UN MUERTO DE CONCRETO O CON UN DISPOSITIVO MECÁNICO QUE SE FIJA FIRMEMENTE AL TERRENO Y NO PERMITE MOVIMIENTOS EN SU BASE, PARA EVITAR ERRORES EN LA MEDICIÓN.

ES COMÚN QUE DENTRO DE UN MISMO BARRENO SE ALOJEN VARIOS EXTENSÓMETROS DE BARRA, LLEGÁNDOSE A TENER TRES Y AÚN MÁS PUNTAS FIJAS A DISTINTAS PROFUNDIDADES, CUANDO ÉSTO OCURRE, LA INSTALACIÓN SERÁ LO SUFICIENTEMENTE CUIDADOSA PARA GARANTIZAR QUE LAS BARRAS NO SE LLEGUEN A INTERFERIR ENTRE SÍ.

C) EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.

DISPOSITIVO QUE SE FORMA DE UNO O VARIOS ALAMBRES DE ACERO QUE SE ANCLAN EN DIFERENTES PUNTOS A LO LARGO DE UNA PERFORACIÓN (FIGURA I.3.K.) Y SE MANTIENEN TENSADOS POR MEDIO DE PESAS O RESORTES. LOS ELEMENTOS SENSORES, USUALMENTE RESORTES O CANTILIVER ESTÁN SUJETOS A PLACAS EMPOTRADAS EN LA PERFORACIÓN Y EL EXTREMO LIBRE UNIDO A LOS ALAMBRES; LAS DEFORMACIONES DEL ELEMENTO SENSOR SE MIDEN CON UN MICRÓMETRO DE CARÁTULA O UN VERNIER.

ESTOS APARATOS SE INSTALAN EN UNA PERFORACIÓN VERTICAL O INCLINADA, ANCLANDO CADA ALAMBRE. SI EL SUELO DONDE SE COLOCARÁN LOS EXTENSÓMETROS ES INESTABLE, SERÁ NECESARIO ADEMAR LA PERFORACIÓN CON UNA TUBERÍA TELESCÓPICA.

EXTENSOMETRO DE ALAMBRE

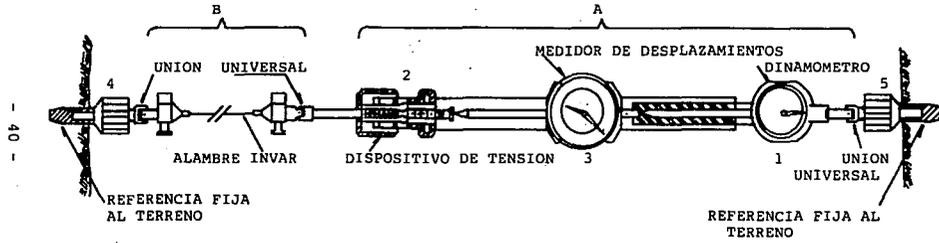


FIGURA I.3.I

EXTENSOMETRO DE BARRA

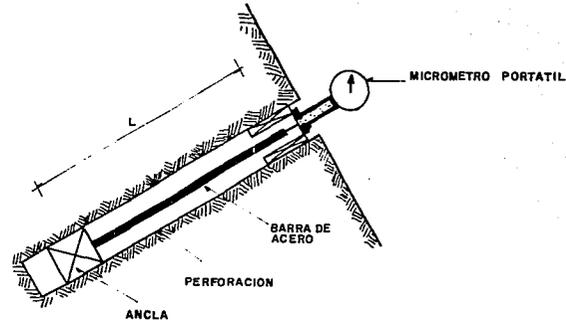


FIGURA I.3.J

- 41 -

EXTENSOMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES

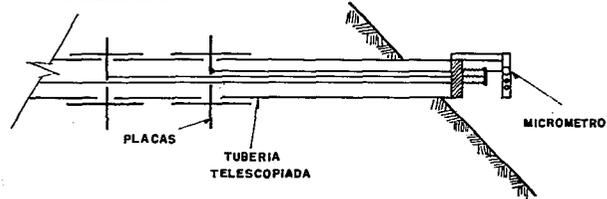


FIGURA I.3.K

CUANDO LOS EXTENSÓMETROS ATRAVIESEN ALGÚN ACUÍFERO O MANTO COLGADO, SU INSTALACIÓN SE REALIZARÁ ASEGURÁNDOSE QUE EL TERRENO DE ANCLAJE NO ESTÉ ALTERADO NI HUMEDECIDO; ÉSTO SE LOGRA CON LA SIGUIENTE SECUENCIA DE PERFORACIÓN (FIG. 1.3.L.):

- SE PERFORA DE 1 A 2 M. POR DEBAJO DEL ACUÍFERO.
- SE INYECTA LECHADA DESDE EL FONDO HASTA 1 M. ARRIBA DEL ACUÍFERO.
- SE COLOCA UN ADEME DE PVC EN TODA LA PERFORACIÓN CON LA LECHADA FRESCA.
- SE PERFORA LA LECHADA DENTRO DEL TUBO UNA VEZ QUE HALLA FRAGUADO.
- SE CONTINÚA CON LA PERFORACIÓN .

EN CASO DE INSTALACIONES ABAJO DEL NIVEL FREÁTICO, SE RECOMIENDA ADEMAS LA PERFORACIÓN PARA EVITAR LA INTERCOMUNICACIÓN HIDRÁULICA DE LOS DIFERENTES ESTRATOS.

1.3.5. DEFORMACIONES HORIZONTALES DEL SUBSUELO.

A) INCLINÓMETRO

INSTRUMENTO QUE PERMITE CONOCER LA DISTRIBUCIÓN CON LA PROFUNDIDAD DE LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES QUE SE PRESENTAN EN LA MASA DE SUELO CERCANA A LAS EXCAVACIONES DE UNA OBRA SUBTERRÁNEA.

EL INCLINÓMETRO LO CONSTITUYEN CUATRO ELEMENTOS PRINCIPALES QUE SON (FIG. 1.3.M.).

ADEME: ES UNA TUBERÍA METÁLICA O DE PLÁSTICO TELESCÓPICA, - DISPONIBLE EN TRAMOS DE 1.5 Y 3 M. DE LONGITUD, QUE SE UNE MEDIANTE COPLES PARA ALCANZAR LA PROFUNDIDAD REQUERIDA, ESTA TUBERÍA TIENE RANURAS LONGITUDINALES PERPENDICULARES ENTRE SÍ QUE SIRVEN DE GUÍA A LA SONDA DURANTE LAS MEDICIONES. EL ADEME ES INSTALADO EN EL FONDO DE UNA PERFORACIÓN VERTICAL, EMPOTRANDO SU EXTREMO INFERIOR EN EL FONDO DE ESTA, FUERA DE LA PROFUNDIDAD DE INFLUENCIA DE EXCAVACIÓN.

SONDA: ES LA UNIDAD DE MEDICIÓN PORTÁTIL O TORPEDO, EL CUAL SE GUÍA DENTRO DEL ADEME POR RUEDAS QUE ENTRAN EN LAS RANURAS DE ÉSTE Y ES DICHA UNIDAD PORTÁTIL LA QUE ALOJA EL - SENSOR DE INCLINACIÓN; ESTE ÚLTIMO CONSISTE BÁSICAMENTE EN - UNA MASA GUÍA INSTRUMENTADA QUE GENERA UNA SEÑAL ELÉCTRICA -- PROPORCIONAL A SU INCLINACIÓN.

LAS SONDAS DE MAYOR USO SON:

- SONDA INSTRUMENTADA CON POTENCIÓMETRO

CONSISTE EN UN PÉNDULO EN CONTACTO CON UNA RESISTENCIA A LA QUE DIVIDE EN DOS SEGMENTOS; ESTOS SEGMENTOS FORMAN UN ARREGLO DE MEDIO PUENTE Y LA OTRA MITAD SE ENCUENTRA EN LA UNIDAD DE REGISTRO.

LA LECTURA NECESARIA PARA BALANCEAR EL ARREGLO ES PROPORCIONAL A LA INCLINACION DEL PÉNDULO.

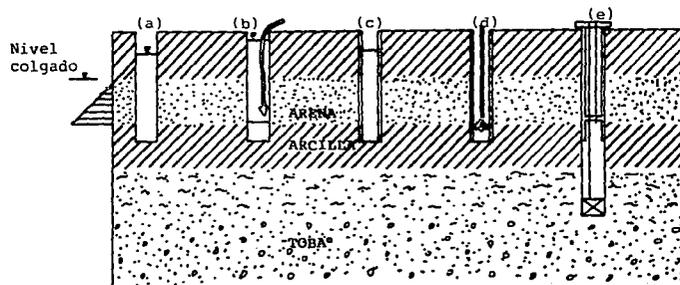
SONDA INSTRUMENTADA CON DEFORMÓMETROS ELÉCTRICOS MEJOR CONOCIDOS COMO STRAIN-GAGES.

CONSISTE EN UN PÉNDULO CUYO SOPORTE ESTÁ INSTRUMENTADO CON STRAIN-GAGES EN UN ARREGLO DE PUENTE COMPLETO. LA LECTURA NECESARIA PARA BALANCEAR EL PUENTES ES PROPORCIONAL A LA INCLINACIÓN DEL PÉNDULO.

- SONDA INSTRUMENTADA CON SERVOACELERÓMETROS.

CONSISTE EN UNA MASA GUÍA QUE SE MUEVE; LOS ACELERÓMETROS GENERAN UNA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE INDUCE UNA FUERZA - CONTRARIA A LA DE LA MASA. LA CORRIENTE NECESARIA PARA DETENER LA MASA ES PROPORCIONAL A LA INCLINACIÓN.

EXCAVACION DE BARRENOS PARA EXTENSOMETROS A ATRAVES DE MANTOS COLGADOS O ACUIFEROS



(a) PERFORACION HASTA 1 M. ABAJO DEL ACUIFERO.

(b) SELLADO CON LECHADA.

(c) COLOCACION DE ADEME, CON LECHADA FRESCA.

(d) REPERFORACION.

(e) COLOCACION DE EXTENSOMETROS.

FIGURA I.3.L

CABLE ELÉCTRICO GRADUADO: TRANSMITE LAS SEÑALES DE LA SONDA HACIA LA UNIDAD DE REGISTRO Y LECTURA; ADEMÁS, SIRVE COMO REFERENCIA PARA CONOCER LA PROFUNDIDAD DE LA SONDA EN LOS DISTINTOS NIVELES DE MEDICIÓN.

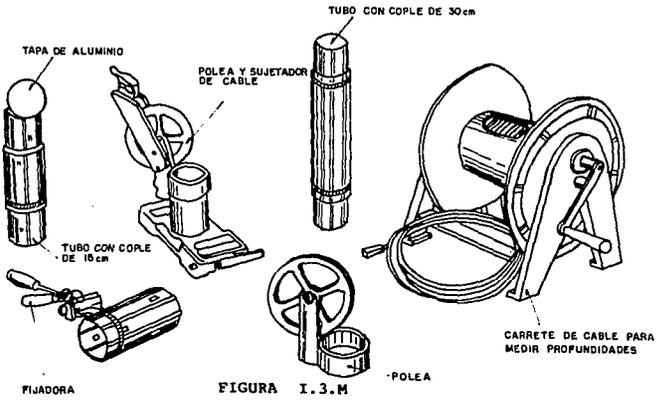
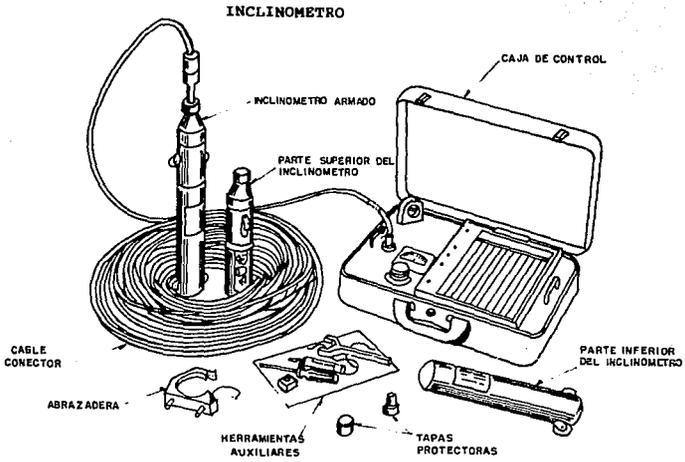
UNIDAD DE CONTROL Y LECTURA: SU FUNCIÓN ES RECIBIR LAS SEÑALES ELÉCTRICAS Y TRANSFORMARLAS EN LECTURAS ANALÓGICAS O DIGITALES PARA SU REGISTRO E INTERPRETACIÓN ASÍ COMO GENERAR LA ENERGÍA NECESARIA PARA ACTIVAR LA SONDA.

PARA LA INSTALACIÓN DE LOS INCLINÓMETROS SE SEGUIRÁN LOS SIGUIENTES PASOS:

1) SE PERFORA EL BARRENO DE 4½ PULG. DE DIÁMETRO; EN SUELOS BLANDOS EL POZO SE ESTABILIZARÁ UTILIZANDO LODO BENTÓNICO; POR SU PARTE, EN SUELOS COMPACTOS SE PERFORARÁ EN SECO PARA EVITAR LA ALTERACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO EN ESTUDIO.

2) SIMULTÁNEAMENTE A LA ACTIVIDAD ANTERIOR, ES CONVENIENTE ENSAMBLAR LOS TRAMOS DE TUBERÍA PARA INICIAR SU INSTALACIÓN TAN PRONTO SE TERMINE LA PERFORACIÓN; DEBE VIGILARSE QUE LAS TORSIONES DE LAS GUÍAS DE LA TUBERÍA SE COMPENSEN EN SEGMENTOS CONSECUTIVOS. ASÍ MISMO, EN EL EXTREMO INFERIOR DE LA TUBERÍA SE COLOCARÁ UN TAPÓN QUE EVITE LA ENTRADA DE SUELO A SU INTERIOR.

3) UNA VEZ QUE SE HA ALCANZADO LA PROFUNDIDAD REQUERIDA, SE LIMPIA LA PERFORACIÓN HACIENDO CIRCULAR FLUIDO HASTA QUE RETORNE CON UN MÍNIMO DE PARTÍCULAS SÓLIDAS.



4) SE BAJA LA TUBERÍA DENTRO DE LA PERFORACIÓN, CUIDANDO QUE UN PAR DE LAS RANURAS SEAN PERPENDICULARES AL EJE DE LA EXCAVACIÓN; DURANTE ESTA ETAPA, SE PREPARARÁ LA MEZCLA DE BENTÓNITA - CEMENTO - AGUA , PARA EVITAR QUE FRAGUE ANTES DE SU VERTIDO.

5) EN SUELOS BLANDOS, LA MEZCLA DE BENTÓNITA - CEMENTO AGUA SE VIERTE DESDE EL FONDO DEL BARRENO; EN SUELOS COMPACTOS PERFORADOS EN SECO, SE HACE CIRCULAR AIRE DESDE EL FONDO CON UNA MANGUERA AL TIEMPO QUE SE VIERTE LA ARENA DESDE LA SUPERFICIE , HACIÉNDOLA PASAR A TRAVÉS DE UNA MALLA PARA LOGRAR SU COLOCACIÓN EN ESTADO SUELTO.

6) SE FIJA EL EXTREMO SUPERIOR DE LA TUBERÍA CON UN SOPORTE Y SE CONSTRUYE DE CONCRETO UN REGISTRO DE PROTECCIÓN DEL INCLINÓMETRO; A CONTINUACIÓN, SE MARCA UNA CLAVE DE IDENTIFICACIÓN.

7) SE TOMA LA PRIMERA SERIE DE LECTURAS DEL INCLINÓMETRO, QUE SERÁ LA REFERENCIA PARA CONOCER LA EVOLUCIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.

1.3.6. ESFUERZOS TOTALES DENTRO DE LA MASA DE SUELO Y EMPUJE DE TIERRA EN EL CONTACTO CON LA ESTRUCTURA.

A) CELDA DE PRESIÓN.

IDEALMENTE LA PRESENCIA DE UNA CELDA DE PRESIÓN EN LA MASA DE SUELO NO ALTERA LAS CONDICIONES DE ESFUERZO EN LA VICINIDAD DEL APARATO.

ESTO ES DEBIDO PRINCIPALMENTE A LA GEOMETRÍA, RIGIDEZ Y TAMAÑO DE LA CELDA. PARA MINIMIZAR ESTOS EFECTOS DEBE --

DE HABER UN CONTACTO PERFECTO ENTRE LA SUPERFICIE DE LA CELDA Y EL SUELO. EN ARCILLAS SE ACOSTUMBRA LABRAR LA FORMA DE LA CELDA EN EL SUELO, Y EN LOS MATERIALES EN QUE ÉSTO NO ES POSIBLE SE COLOCA AL INSTRUMENTO SOBRE UN LECHO DE ARENA DE PEQUEÑO ESPESOR.

LA PRECISIÓN DE ESTOS APARATOS ES MUY VARIABLE DEPENDIENDO DE MUCHOS FACTORES, PRINCIPALMENTE DEL GRADO CON QUE SE ADAPTE LA CELDA AL MEDIO, ADEMÁS ESTA PRECISIÓN ES MUY DIFÍCIL DE EVALUAR DEBIDO AL DESCONOCIMIENTO DEL ESTADO DE ESFUERZOS QUE ACTÚA REALMENTE EN EL INTERIOR DEL SUELO.

LA CELDA CONSISTE DE DOS PLATOS METÁLICOS FORMANDO UN ESPACIO CERRADO CON UN LÍQUIDO EN SU INTERIOR Y UN TRANSDUCTOR NEUMÁTICO DE PRESIÓN CONECTADO A LA CELDA POR UN TUBO DE PEQUEÑO DIÁMETRO (FIGURA 1.3.8).

LA PRESIÓN DEL SUELO SOBRE LA CELDA SE TRANSMITE AL LÍQUIDO DENTRO DE ELLA MIDIÉNDOSE SU PRESIÓN POR MEDIO DE UN SISTEMA SIMILAR AL DESCRITO ANTERIORMENTE PARA LOS PIEZÓMETROS NEUMÁTICOS, POR LO QUE SU PROCEDIMIENTO DE LECTURA ES EL MISMO QUE EL DE ESTE TIPO DE APARATOS.

B) CELDA DE CARGA.

ES UN INSTRUMENTO QUE PERMITE MEDIR LAS CARGAS TRANSMITIDAS ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES O LAS CARGAS TRANSMITIDAS AL SUELO POR DICHS ELEMENTOS.

CONSISTE EN GENERAL EN LA MEDICIÓN DE LAS DEFORMACIONES DE UN ELEMENTO BAJO CARGAS CONOCIDAS DE MANERA DE DETERMINAR SU RELACIÓN CARGA-DEEFORMACIÓN, PARA POSTERIORMENTE, UNA VEZ COLOCADO EN LA ESTRUCTURA SE DETERMINEN LAS CARGAS QUE ACTÚAN EN ÉL MIDIENDO SUS DEFORMACIONES.

LOS MÉTODOS PARA MEDIR LAS DEFORMACIONES DEL ELEMENTO PUEDEN SER MECÁNICOS, COMO EN EL CASO DE LA CELDA DE LA FIGURA I.3.N CUYAS DEFORMACIONES SE MIDEN CON MICRÓMETRO.

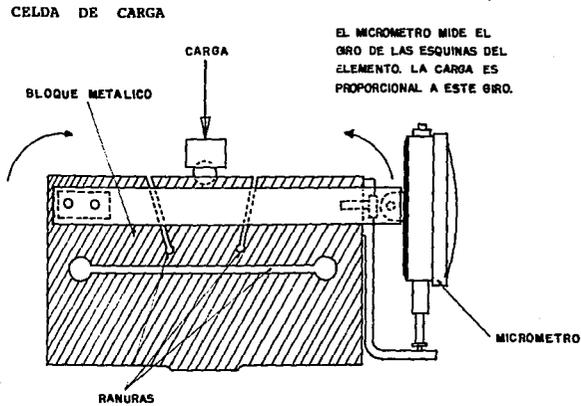


FIGURA I.3.N

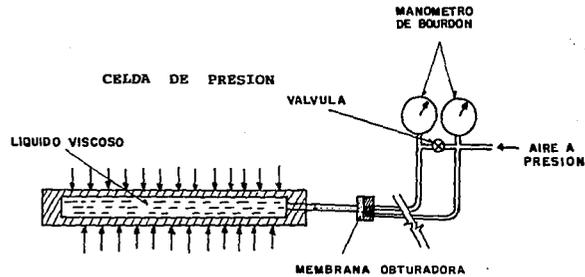


FIGURA I.3.N

I.4. LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.

LA LOCALIZACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN ESTARÁ EN RAZÓN DE QUÉ SE PRETENDE MEDIR POR LO QUE A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN:

- TUBO DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO.

ESTOS DEBEN INSTALARSE EN NÚMERO DESDE TRES O CUATRO - HASTA EL NÚMERO QUE JUZQUE CONVENIENTE EL INGENIERO DE CAMPO ENCARGADO EL CUAL LOS COLOCA EN LA ESTACIÓN PIEZOMÉTRICA QUE DEFINA O BIEN DONDE TENGA INCERTIDUMBRE DE LA POSICIÓN DEL NIVEL FREÁTICO.

- PIEZÓMETROS.

ESTOS INSTRUMENTOS YA SEAN ABIERTOS, NEUMÁTICOS O ELÉCTRICOS SE INSTALAN PREFERENTEMENTE APROVECHANDO PERFILES - ESTRATIGRÁFICOS, EL QUE SE PUEDE OBTENER CON EL CONO ELÉCTRICO, POR QUE ESTA TÉCNICA DETECTA CON PRECISIÓN LOS ESTRATOS DUROS DE SECADO SOLAR, DE PÓMEZ O DE ARENA VOLCÁNICAS - CON MAYOR PERMEABILIDAD QUE LAS ARCILLAS INTERMEDIAS.

LOS PIEZÓMETROS ABIERTOS SE COLOCARÁN SOLAMENTE EN ESTRATOS PERMEABLES PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO.

LOS PIEZÓMETROS NEUMÁTICOS SE COLOCAN EN ESTRATOS PERMEABLES Y SI ES NECESARIO SE PUEDEN COLOCAR EN ESTRATOS ARCILLOSOS, AÚN CUANDO HACE MUCHO MÁS LENTO SU TIEMPO DE RESPUESTA.

LOS PIEZÓMETROS ELÉCTRICOS SE INSTALAN PREFERENTEMENTE EN ESTRATOS PERMEABLES.

LA CANTIDAD DE PIEZÓMETROS ESTARÁ DEFINIDA POR VARIOS - ELEMENTOS DE MEDICIÓN, USUALMENTE TRES O CUATRO EN IGUAL NÚMERO DE PERFORACIONES, PERO A DISTINTAS PROFUNDIDADES, POR LO QUE LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE ENCUENTRA LA CELDA PERMITE DEFINIR LA - ALTURA PIEZOMÉTRICA DEL AGUA DE LA LENTE EN LA QUE FUÉ INSTALADA.

- REFERENCIAS SUPERFICIALES.
- ESTAS SE DIVIDEN EN:
- TESTIGOS SUPERFICIALES.

LOS CUALES SE INSTALARÁN PRINCIPALMENTE DEFINIENDO --- LÍNEAS DE COLIMACIÓN APOYADAS EN DOS PUNTOS DE REFERENCIA FIJOS, LAS LÍNEAS DE COLIMACIÓN SERÁN PARALELAS AL EJE DEL TRAMO INSTRUMENTADO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA.

LA SEPARACIÓN ENTRE TESTIGOS SUPERFICIALES SE DEFINE DE ACUERDO A LA SIGUIENTE TABLA, QUE SE EMPLEA EN LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO), DE DONDE - SE TOMARÁ EL EJEMPLO PARA EL PRESENTE TRABAJO.

TABLA DE INSTALACIÓN DE TESTIGOS SUPERFICIALES.

ZONA	No. DE LINEAS DE COLIMACION	SEPARACION ENTRE TESTIGOS SUPERFICIALES *
BLANDO	2 A 4	10 M.
COMPACTO	2	20 M.
MUY COMPACTO	2	50 M.

* EN LOS CASOS DE EDIFICIOS CERCANOS IMPORTANTES, SE INSTALARÁN TRES TESTIGOS DISTRIBUIDOS EN LONGITUD DEL LADO PARALELO A LA EXCAVACIÓN, O BIEN A CADA 10 M.

EN LOS TRAMOS EN CURVA CUANDO ESTO SUCEDA, SE TRAZARÁN - LÍNEAS DE COLIMACIÓN TANGENTES, PROCURANDO QUE LOS TESTIGOS SE MANTENGAN DENTRO DEL INTERVALO DE DISTANCIAS RECOMENDADAS PARA - LOS TRAMOS RECTOS.

TAMBIÉN ES FACTIBLE QUE SE REQUIERAN TESTIGOS SUPERFICIALES LOCALIZADOS FUERA DE LAS LÍNEAS DE COLIMACIÓN, PARA MEDIR DESPLAZAMIENTOS VERTICALES EN SITIOS CARACTERÍSTICOS; EN ESTE CASO, EL INGENIERO DEBERÁ INDICAR SU LOCALIZACIÓN.

TESTIGOS EN MUROS.

SE INSTALARÁN EN TODAS AQUELLAS ESTRUCTURAS, QUE BASÁNDOSE EN EL RECONOCIMIENTO PREVIO A LA LÍNEA, SE IDENTIFIQUEN COMO PROPENSAS A SUFRIR DAÑOS, ASÍ COMO EN AQUELLAS QUE POR SU IMPORTANCIA DEBAN VIGILARSE CUIDADOSAMENTE. LOS TESTIGOS SE COLOCARÁN EN LOS MUROS PARALELOS Y PERPENDICULARES A LA EXCAVACIÓN; SIENDO SU NÚMERO O CANTIDAD EL QUE EL INGENIERO EN EL CAMPO DETERMINE.

- BANCO DE NIVEL FLOTANTE.

ESTOS SE INSTALARÁN A 1.2, M. ABAJO DEL NIVEL MÁXIMO DE EXCAVACIÓN, SU NÚMERO SERÁ DEFINIDO POR EL INGENIERO ENCARGADO, SE COLOCARÁN COMO PARTE DEL CONTROL TOPOGRÁFICO SOBRE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS.

- BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

ESTE BANCO DEBERÁ LOCALIZARSE LEJOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS QUE SE APOYEN EN EL MISMO ESTRATO DONDE SE INSTALE EL BANCO; LA PROFUNDIDAD DE LA REFERENCIA SE DETERMINARÁ A PARTIR DE LA ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO. LA DISTANCIA ENTRE LOS BANCOS NO EXCEDERÁ DE 3 KM. Y SU DISTRIBUCIÓN DEBERÁ ELEGIRSE DE ACUERDO AL PLANO GENERAL DE LÍNEAS DE OBRAS SUBTERRÁNEAS PROYECTADAS, DE TAL MANERA QUE UN MISMO BANCO SIRVA COMO REFERENCIA EN LA MAYOR CANTIDAD POSIBLE DE TRAMOS.

- CELDA DE CARGA.

ESTE INSTRUMENTO SE LOCALIZA ENTRE LOS TRAMOS DE LOS MARCOS O REVESTIMIENTO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA CON EL OBJETO DE MEDIR LAS CARGAS SOPORTADAS EN ÉSTOS.

- CELDA DE PRESIÓN.

LA CELDA DE PRESIÓN SE LOCALIZA EN LOS PUNTO DE CONTACTO ENTRE EL TERRENO Y LOS MARCOS O REVESTIMIENTO QUE SE COLOQUE - EN ESTE CASO, DEPENDERÁ DEL INGENIERO RESPONSABLE DE LA SECCIÓN INSTRUMENTADA LA LOCALIZACIÓN O COLOCACIÓN DE LAS CELDAS CON EL OBJETO DE MEDIR LA MAGNITUD Y LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS - TRANSMITIDAS.

- EXTENSÓMETRO DE BARRA.

LA LOCALIZACIÓN DE ÉSTOS INSTRUMENTOS SE FUNDAMENTE EN - LA ESTRATIGRAFÍA DEL SITIO PREFERENTEMENTE, LAS ANCLAS DE LOS - EXTENSÓMETROS SE INSTALAN LIMITANDO LOS ESTRATOS MÁS SUSCEPTIBLES DE SUFRIR DEFORMACIONES, COLOCADO PARA LA OBSERVACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO NORMALES AL EJE DE LA OBRA SUBTERRÁNEA EN PUNTOS FIJOS, EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA EXCAVACIÓN (FIG. I.3, J).

- EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES .

LA LOCALIZACIÓN DE ESTE EXTENSÓMETRO ES SIMILAR AL - EXTENSÓMETRO DE BARRA YA DESCRITO .

- EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR O ALAMBRE.

LA LOCALIZACIÓN DE ÉSTOS EXTENSÓMETROS DEPENDERÁ DEL - ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DONDE SE COLOCARÁN LAS REFERENCIAS PARA LAS LINEAS DE MEDICIÓN FIGURA 1.4.A, QUE SE INSTALAN PARA MEDIR LA DISTANCIA ENTRE PUNTOS FIJOS DE LA PARED INTERIOR DE UNA OBRA SUBTERRÁNEA EN UNA SECCIÓN TRANSVERSAL , -- PARA OBSERVAR LA VARIACIÓN DE SU GEOMETRÍA.

EXTENSOMETRO DE CINTA INVAR O ALAMBRE

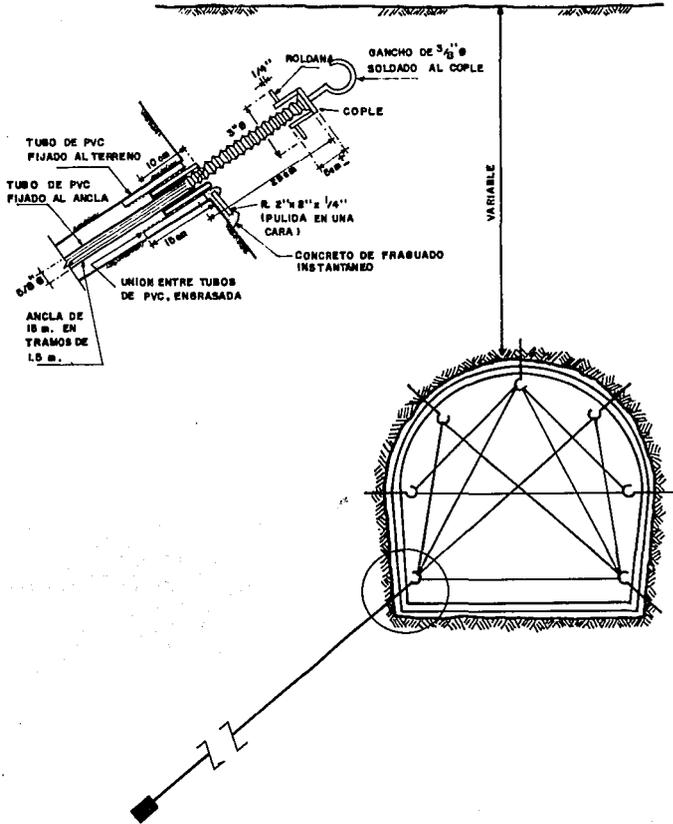


FIGURA I.4.A

- INCLINÓMETRO.

LOS INCLINÓMETROS SE INSTALAN EN LAS SECCIONES DE LA LÍNEA EN QUE LOS FACTORES DE ESTABILIDAD SEAN CRÍTICOS Y DONDE EXISTAN ESTRUCTURAS DE IMPORTANCIA O SUSCEPTIBLES DE SUFRIR DAÑOS POR ASENTAMIENTOS.

EN CADA CASO, DEBERÁ EFECTUARSE UN ANÁLISIS PARA CONOCER EL ORDEN DE LA MAGNITUD DE LOS DESPLAZAMIENTOS QUE SE PRESENTARÁN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN; COMPARANDO LOS VALORES ASÍ CALCULADOS CON LA SENSIBILIDAD DE LA SONDA DE MEDICIÓN SE DETERMINARÁ LA APLICABILIDAD DEL INCLINÓMETRO AL CASO EN ESTUDIO Y PODRÁ ELEGIRSE EL TIPO DE SONDA MAS ADECUADO.

LA PROFUNDIDAD DE LOS INCLINÓMETROS SE FIJARÁ A PARTIR DE LA ESTRATÍGRAFÍA DEL SITIO Y DEL ANÁLISIS DE LAS SUPERFICIES PÓTENCIALES DE FALLA, DE TAL MANERA QUE SE ASEGURE EL EMPOTRAMIENTO DE LA BASE DEL ADOME.

EL MATERIAL DE CONFINAMIENTO DE LA TUBERÍA DEPENDERÁ DEL TIPO DE SUELO PREDOMINANTE EN EL SITIO; ASÍ, EN LA ZONA DE SUELO BLANDO SE EMPLEARÁN MEZCLAS DE BENTÓNITA-CEMENTO - AGUA MIENTRAS QUE EN SUELO COMPACTO EL RELLENO SERÁ ARENA FINA SUELTA.

LOS INCLINÓMETROS SE INSTALAN ANTES QUE SE INICIEN LAS EXCAVACIONES DE LA OBRA SUBTERRÁNEA EN EL TRAMO CORRESPONDIENTE.

I.5. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE LA INSTRUMENTACIÓN.

A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN COMO EJEMPLO TABLAS CON DATOS OBTENIDOS EN UNA OBRA SUBTERRÁNEA DEL SISTEMA DE - TRANSPORTE COLECTIVO METRO EN SU LÍNEA NÚMERO 7, ESPECÍFICA MENTE EN LA ESTACIÓN AUDITORIO.

T A B L A I.

TIPO DE INSTRUMENTACION	CADENAMIENTO	DEFORMACION MAXIMA DISTANCIA DE LA CLAVE AL PUNTO DE MEDICION.	VELOCIDAD CRITICA DE DEFORMACION MM/DIA	OBSERVACIONES.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 3	12 + 430.00	A 3.00M DE LA CLAVE 13,5	0.09	ESTABILIZACIÓN A LOS 30 DÍAS -- DESPUÉS DEL -- LANZADO DE LA -- 2A. CAPA DE -- SHOTCRETE.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 4	12 + 430.00	A 0.50M DE LA CLAVE 13,2	0.14	ESTABILIZACIÓN A LOS 30 DÍAS -- DESPUÉS DEL -- LANZADO DE LA -- 2A. CAPA DE -- SHOTCRETE.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 3	12 + 525.00	A 0.50 M DE LA CLAVE 6.0	0.12	ESTABILIZACIÓN A LOS 13M. POS- TERIORES DE ATA QUE EN EL TUNEL.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 4	12 + 525.00	A 0.50 M DE LA CLAVE 2.5	0.14	ESTABILIZACIÓN DÍAS DESPUÉS -- DEL PASO DE LA EXCAVACIÓN.

T A B L A II

TIPO DE INSTRUMENTACION	CADENAMIENTO	DEFORMACION MAXIMA		VELOCIDAD CRITICA DE DEFORMACION MM/DIA	OBSERVACIONES.
		DISTANCIA SOBRE EL PISO MM DEL TUNEL (M)			
INCLINOMETRO No. 2	12 + 525,80	3,80	4,0	0,11	ESTABILIZACIÓN A LOS 52 DÍAS - DE EXCAVADA LA - SECCIÓN, CON - UN AVANCE DE -- 10 M. DE TUNEL.
INCLINOMETRO No. 3	12 + 431	2,00	1,4	0,06	ESTABILIZACIÓN - A LOS 49 DÍAS DE EXCAVADA LA SEC- CIÓN CON UN AVAN- CE DE 100 M DE TÚ- NEL.
INCLINOMETRO No. 4	12 + 430	8,40	3,0	0,09	ESTABILIZACIÓN A LOS 32 DÍAS DE EXCAVADA LA SEC- CIÓN CON UN AVAN- CE DE 77 M DE TÚ NEL.

T A B L A II

TIPO DE INSTRUMENTACION	CADENAMIENTO	DEFORMACION MAXIMA		VELOCIDAD CRITICA MM/DIA.	OBSERVACIONES.
		LINEA DE MEDICION	MM		
CONVERGENCIA	12+ 431.92	1-7	8.6	0.67	ESTABILIZACIÓN A LOS 19 DÍAS DESPUÉS DEL LANZADO DE LA 2A. CA PA DE SHOTCRETE.
		7-3	6.4	0.47	
		1-3	4.8	0.47	
		1-5	3.7	0.42	
		2-6	1.8	0.19	
CONVERGENCIA	12+ 453.50	1-5	11.8	0.31	ESTABILIZACIÓN DES- PUÉS DEL LANZADO DE LA 2A. CAPA DE SHOT CRETE.
		1-7	6.2	0.38	
		1-3	4.5	0.31	
		7-3	2.4	0.13	
		7-5	0.8	0.04	
CONVERGENCIA	12+482.00	1-7	9.5	0.38	ESTABILIZACIÓN DES- PUÉS DEL LANZADO DE LA 2A. CAPA DE SHOT CRETE.
		7-3	8.3	0.34	
		1-5	2.8	0.34	
CONVERGENCIA	12 + 508.92	1-7	8.5	0.20	ESTABILIZACIÓN DES- PUÉS DEL LANZADO - DE LA 2A. CAPA DE - SHOTCRETE.
		7-3	7.4	0.26	
		1-5	6.0	0.26	
		1-4	5.2	0.18	
		1-3	3.2	0.17	
		6-4	2.8	0.17	

C A P I T U L O I I

INSTRUMENTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO ANTES DE - LA CONSTRUCCIÓN.

- II.1. INSTRUMENTOS A EMPLEAR
- II.2. COLOCACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.
- II.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES
 DE LA INSTRUMENTACIÓN.
- II.4. PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRE-
 TACIÓN.

II.1 INSTRUMENTOS A EMPLEAR.

EN ESTE CAPÍTULO SE ENFOCARÁN LOS INSTRUMENTOS A EMPLEAR DESDE LA SUPERFICIE EN UNA OBRA SUBTERRÁNEA. POR LO QUE SE MENCIONARÁN LOS INSTRUMENTOS POSIBLES A EMPLEAR:

- TUBOS DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO
- PIEZÓMETROS.
- REFERENCIAS SUPERFICIALES.
- BANCO DE NIVEL FLOTANTE.
- EXTENSÓMETROS.
- INCLINÓMETROS.

II. 2 COLOCACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.

EN ESTE SUBCAPÍTULO SE TOMARÁ COMO EJEMPLO LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA SECCIÓN INSTRUMENTADA EN LA ESTACIÓN AUDITORIO DEL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO) EN SU LÍNEA No. 7 YA QUE ES UNA OBRA SUBTERRÁNEA INSTRUMENTADA, OBSERVADA E INTERPRETADA.

SE COLOCARON UNA SERIE DE ESTACIONES DE INSTRUMENTACIÓN, EN CADA UNA DE LAS CUALES SE CONTÓ CON LOS SIGUIENTES INSTRUMENTOS

REFERENCIAS SUPERFICIALES.

BANCO DE NIVEL FLOTANTE.

BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.

INCLINÓMETROS.

LAS REFERENCIAS SUPERFICIALES FIGURA II.4.A. SE COLOCARON A LOS LADOS DEL EJE DE LA OBRA SUBTERRÁNEA CON UNA SEPARACIÓN DE 10 MTS. ENTRE ELLAS ABARCANDO ENTRE 50 Y 100 MTS. - EMPLEÁNDOSE PARA LA NIVELACIÓN COMO APOYOS, LOS BANCOS DE NIVEL FLOTANTE Y PROFUNDO, UBICADOS ÉSTOS A 350 MTS. DEL EJE DE LA OBRA, Y EL PRIMER BANCO ENTRE 120 MTS. Y 330 MTS. OBSERVÁNDOSE LAS DEFORMACIONES DEL TERRENO POR MEDIO DE NIVELACIONES TOPOGRÁFICAS EN CADA SECCIÓN INSTRUMENTADA.

EN LOS MOVIMIENTOS DEL SUBSUELO ENTRE LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y LA CLAVE DE LA OBRA SUBTERRÁNEA SE PRESENTARON MOVIMIENTOS QUE SE REGISTRARON POR MEDIO DE EXTENSÓMETROS DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES, CUYAS ANCLAS SE COLOCARON A DIFERENTES PROFUNDIDADES. UNO SE COLOCÓ VERTICALMENTE SOBRE EL

EJE DE VÍA DE LA OBRA SUBTERRÁNEA Y DOS INCLINADOS, UNO A CADA LADO DEL MISMO EJE ENTRE 30° Y 45° CON RESPECTO A LA VERTICAL. HACIÉNDOSE UNA PERFORACIÓN DE 7,6 CM. DE DIÁMETRO, QUEDANDO LA BASE DE LA PERFORACIÓN A 50 CM. DE LA PARED DE LA OBRA SUBTERRÁNEA. SE COLOCARON CUATRO EXTENSÓMETROS EN CADA BARRENO, DE LA SIGUIENTE FORMA; EL MÁS PROFUNDO SE COLOCÓ EN LA BASE DE LA PERFORACIÓN, EL SEGUNDO A UN METRO DEL PRIMERO, EL TERCERO A TRES METROS DEL SEGUNDO Y EL CUARTO SE COLOCÓ A LA MITAD DE LA DISTANCIA QUE RESULTÓ ENTRE EL TERCERO Y LA SUPERFICIE DEL TERRENO.

EN LAS MEDICIONES DEL MOVIMIENTO HORIZONTAL DEL SUBSUELO SE EMPLEÓ EL INCLINÓMETRO, DEL CUAL SE COLOCÓ TUBERÍA UNA A CADA LADO DEL EJE DE LA OBRA SUBTERRÁNEA DE TAL FORMA QUE QUEDÓ UBICADA A 50 CM. DE LA PARED DE LA OBRA SUBTERRÁNEA A CONSTRUIR, Y A UNA PROFUNDIDAD TAL QUE SU PUNTO INFERIOR QUEDÓ A METROS DE ÉSTA. PARA COLOCAR LA TUBERÍA DEL INCLINÓMETRO SE REALIZÓ UNA PERFORACIÓN DE 15 CM. DE DIÁMETRO, LA TUBERÍA, SE COLOCÓ EN TRAMOS DE 75 CM, UNIDOS CON COPLES DE 30 CM, DE LARGO TRASLAPADO SOBRE LA TUBERÍA EN UNA LONGITUD DE 7,5 CM, A CADA LADO DEL COPLE. ESTE TRASLAPE SE REALIZÓ A BASE DE REMACHES Y FLEJE, CUBRIENDO TODA LA LONGITUD DEL COPLE CON CINTA PLÁSTICA Y RECUBRIENDO FINALMENTE CON PARAFINA Y BREA.

LA COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA SE REALIZÓ DE TAL MANERA QUE EL MATERIAL QUE SE INTRODUJO ENTRE EL SUELO Y LA TUBERÍA FUE UNA LECHADA DE AGUA-CEMENTO CON LA FINALIDAD DE RELLENAR OQUE-DADES PERMITIENDO ASÍ QUE EL SUELO TRANSMITA LOS POSIBLES MOVIMIENTOS HORIZONTALES A LA TUBERÍA.

LA ORIENTACIÓN DE LA TUBERÍA SE REALIZÓ DE TAL MANERA QUE LA LÍNEA QUE FORMAN DOS RANURAS OPUESTAS QUEDARÁ PARALELA AL EJE DEL TÚNEL.

EL TRANSDUCTOR MEDIDOR DE INCLINACIONES TIENE UNA SENSIBILIDAD DE MEDICIÓN DE UNA PARTE EN 3,000.00 ÉSTO ES, PUEDE DETECTAR CAMBIOS DE INCLINACIÓN DE 1 MINUTO DE ARCO.

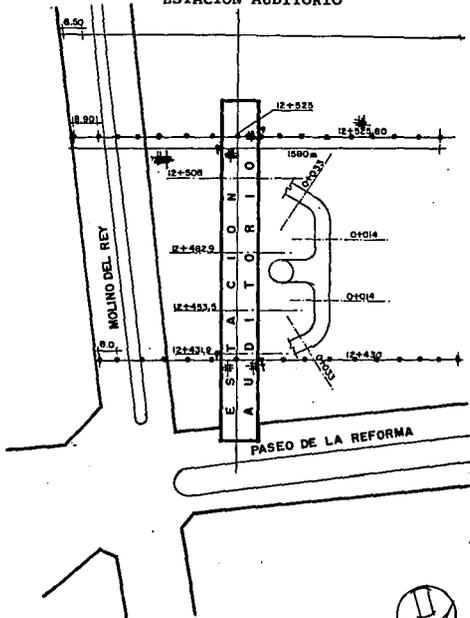
EL REGISTRADOR DE MEDICIONES ESTÁTICAS UTILIZADO FUE - UN PUENTE DE WHEATSTONE.

EN LA FIGURA II.2.A SE MUESTRA LOS INSTRUMENTOS ANTES DESCRITOS.

EN LA SIGUIENTE HOJA SE MUESTRA UN CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LAS SECCIONES INSTRUMENTADAS.

CROQUIS DE SECCIONES INSTRUMENTADAS EN LA

ESTACION AUDITORIO



SIMBOLOS.

- PUNTO NIVELACION
- ⊕ BANCO DE NIVEL SUPERIOR
- ⊥ INCLINOMETRO
- - - CONVERGENCIA
- ⊕ EXTENSOMETRO

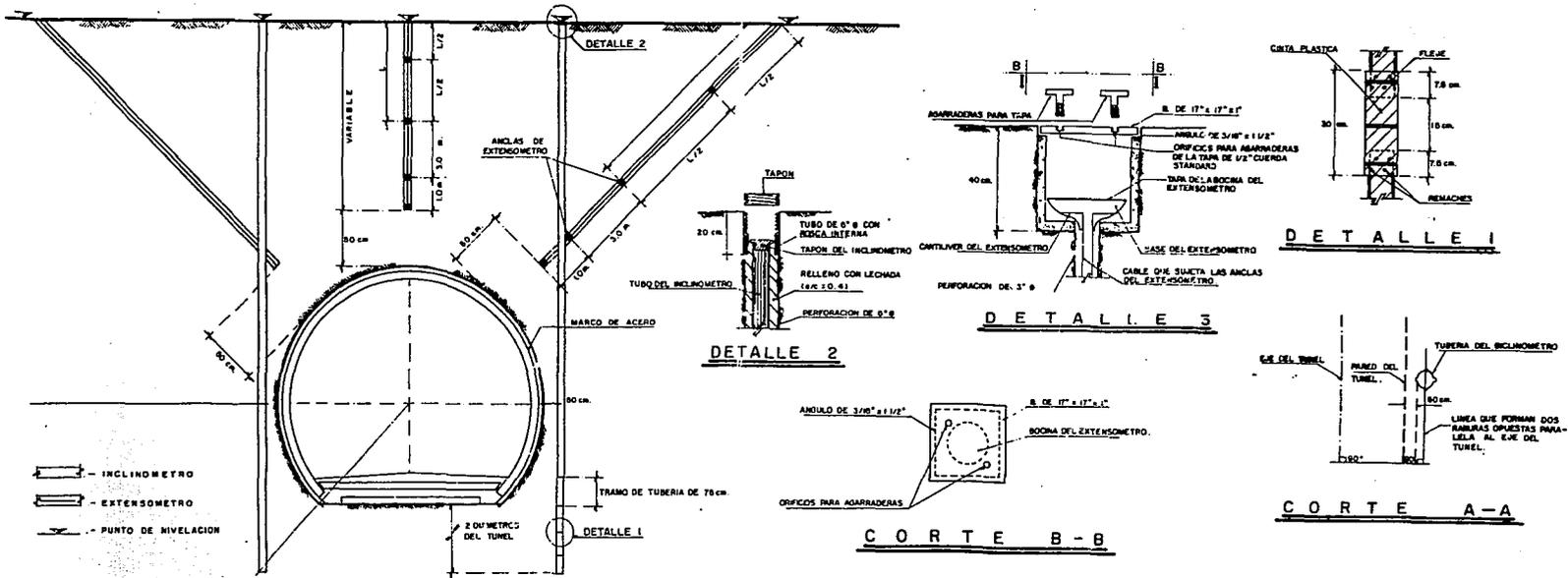


FIGURA II.2.A

II.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.

LA INSTRUMENTACIÓN COLOCADA DESDE LA SUPERFICIE ANTES - DE LA CONSTRUCCIÓN PRESENTA FACTORES QUE EN UN MOMENTO DADO LLEGAN A AFECTAR LA INSTRUMENTACIÓN DESCRITA EN EL SUBCAPÍTULO - II.2. COMO SON:

- FACTORES AMBIENTALES QUE PUEDEN POR SI SOLOS AFECTAR LAS MEDICIONES, COMO SON; LA TEMPERATURA, LA LLUVIA, HUMEDAD, SOL, ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN CERCANAS.
- GRANDES DEFORMACIONES, A MENUDO POR CORTANTE.
- CORROSIÓN, YA SEA QUÍMICA O ELÉCTRICA.
- VANDALISMO Y DAÑOS CAUSADOS POR EL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN; POLVO, TIERRA, LODO.
- EL NO DAR EL MANTENIMIENTO COMO CAMBIO DE PIEZAS O - LIMPIEZA DEL INSTRUMENTO.
- LA CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS ANTES DE CADA LECTURA O PERÍODO DE LECTURAS QUE ESTABLECE CADA FABRICANTE PARA SU INSTRUMENTO.

RESPECTO A LAS LIMITACIONES, ÉSTAS SE PRESENTAN DE MANERA PARTICULAR EN CADA INSTRUMENTO EMPLEADO, A CONTINUACIÓN SE MENCIONAN ALGUNAS DE LAS LIMITACIONES MÁS COMUNES EN LOS INSTRUMENTOS TRATADOS EN EL CAPÍTULO II.2.

LA NIVELACIÓN SE REALIZA EN BASE A.

- REFERENCIAS SUPERFICIALES.
- BANCO DE NIVEL FLOTANTE.
- BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

ES LIMITADA DICHA NIVELACIÓN DEBIDO A ALTAS TEMPERATURAS QUE CON LA REVERBERACIÓN TAN MARCADA IMPIDA LA CORRECTA LECTURA, Y OTRA SERÍA LA LLUVIA, LA CUAL IMPIDE LA REALIZACIÓN DE ESTA NIVELACIÓN.

LOS EXTENSÓMETROS DE ALAMBRE TENSADO POR RESORTES PRESENTAN LIMITACIONES DE MANERA PARTICULAR DEBIDO AL EFECTO DE LA FLECHA EN EL ALAMBRE, O POR AJUSTES EN LA TENSIÓN.

EN EL INCLINÓMETRO SE PRESENTAN LIMITACIONES DEBIDO A - BRINCOS FUERTES DENTRO DEL ADEME, RIESGO DE FALLAS ELECTRÓNICAS DEBIDO A HUMEDAD, OTRA POSIBLE LIMITACIÓN SON LOS EMPUJES FUERTES DEL SUBSUELO Y QUE LA FRICCIÓN PROVOQUE RANURAS EN ESPIRAL - AL ADEME TELESCOPIADO.

II.4 PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETACIÓN .

A CONTINUACIÓN SE DETERMINARÁ LA PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETACIÓN PARA LOS INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN EL EJEMPLO QUE SE ESTÁ TRATANDO DESDE EL SUBCAPÍTULO II.2 POR LO QUE AQUÍ SOLO SE EFECTUARÁ UNA SOLA LECTURA (ÚNICA) TRES DIÁMETROS ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA. YA QUE ENTRE TRES DIÁMETROS ANTERIORES Y POSTERIORES SE CONSIDERARÁ DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA, INCLUYENDO AQUÍ HASTA LA VARIACIÓN MÍNIMA EN ESTAS LECTURAS ÉSTO ÚLTIMO SE TRATARÁ EN EL CAPÍTULO III.

POR LO QUE RESPECTA A LOS EXTENSÓMETROS, INCLINÓMETROS Y LAS NIVELACIONES TOPOGRÁFICAS, SE REALIZÓ LA TOMA DE UNA LECTURA ÚNICA ANTES DE LOS TRES DIÁMETROS, LA CUAL SE UTILIZARÁ COMO REFERENCIA DE PARTIDA PARA LAS LECTURAS.

POR LO QUE RESPECTA A SU INTERPRETACIÓN EN ESTE CASO COMO ES LECTURA ÚNICA SE TOMA COMO EL PARÁMETRO SOBRE EL CUAL SE PARTIRÁ PARA OBSERVAR LOS DIFERENTES COMPORTAMIENTOS DE LOS INSTRUMENTOS, POR LO QUE EN LAS FIGURAS II.4.A., II.4.B., II.4.C., III.4.D, II.4.E. Y II.4.F, SE MUESTRA LA LECTURA INICIAL LA CUAL SIRVE DE PARTIDA PARA EL REGISTRO DE LOS DIFERENTES COMPORTAMIENTOS DE LA INSTRUMENTACIÓN, COLOCADA, POR LO QUE EN DICHAS FIGURAS SÓLO SE MUESTRAN LOS EJES O LECTURA INICIAL.

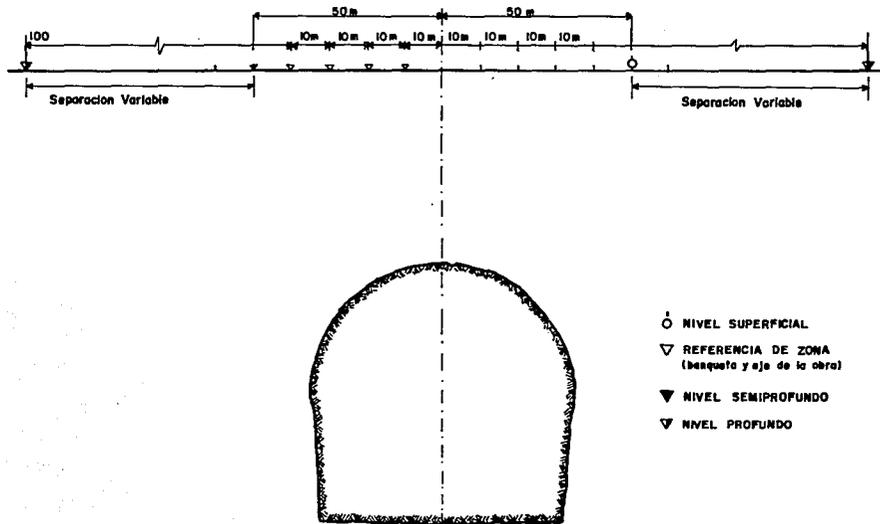
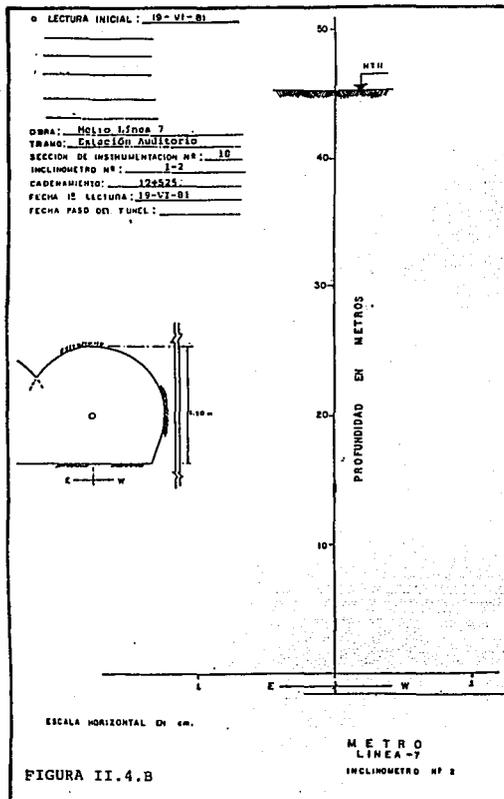


FIGURA II.4.A



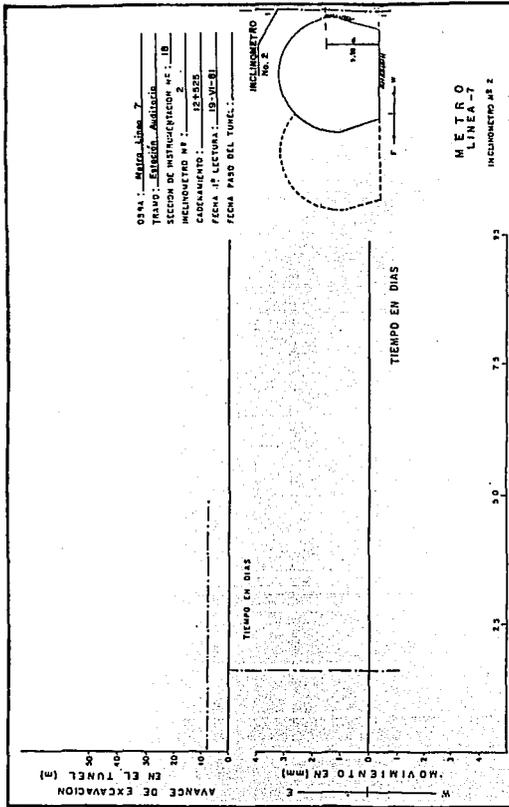


FIGURA II.4.C

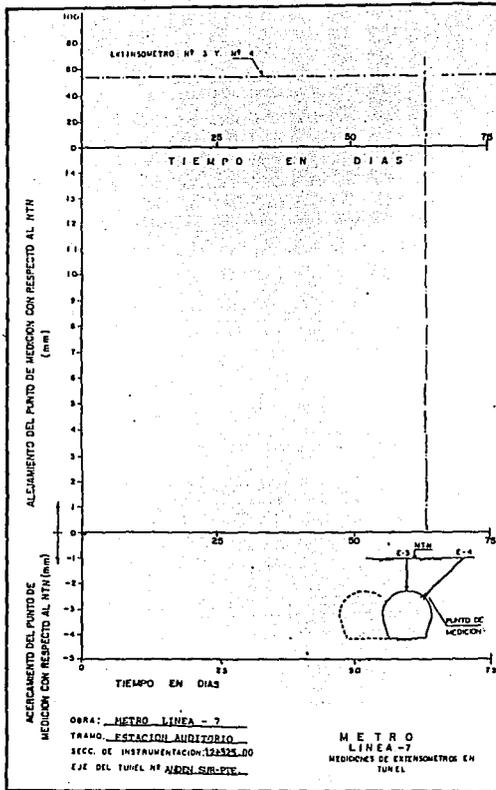


FIGURA II.4.D

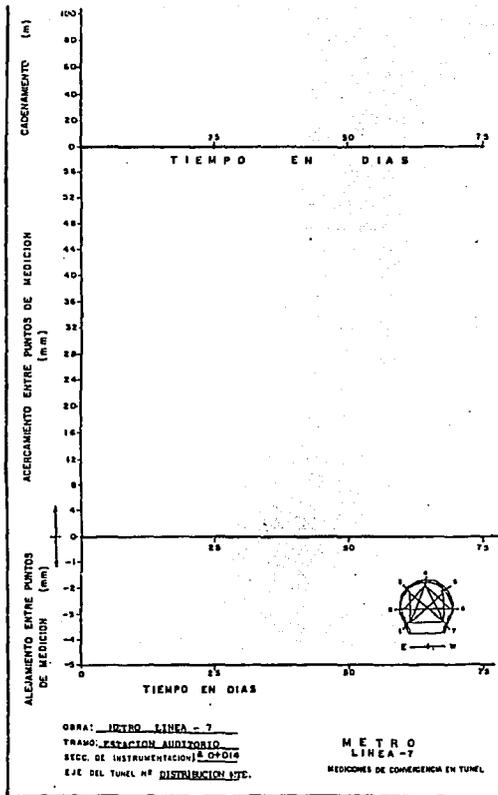


FIGURA II.4.E

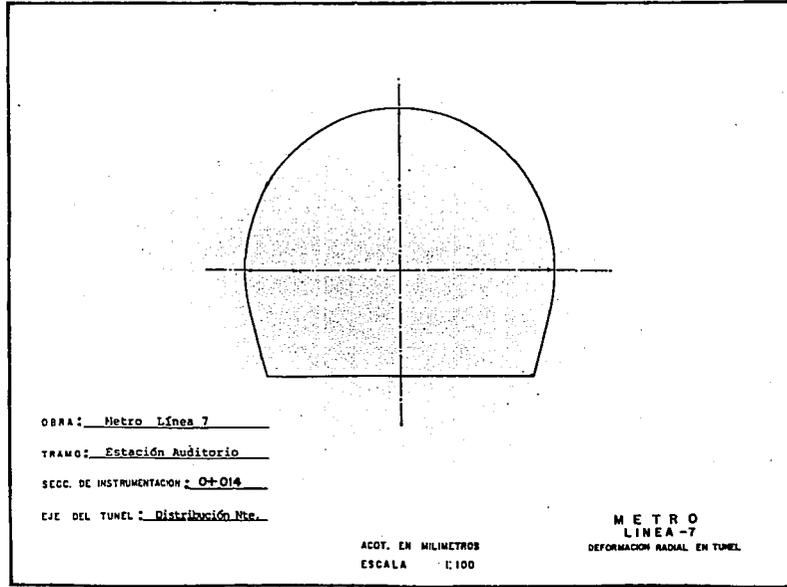


FIGURA II.4.F

CAPITULO III

INSTRUMENTACIÓN DESDE LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y DESDE EL INTERIOR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA DURANTE SU CONSTRUCCIÓN.

III.1 INSTRUMENTOS A EMPLEAR

III.2 COLOCACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN .

III.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.

III.4 PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETACIÓN.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

III.1. INSTRUMENTOS A EMPLEAR.

A CONTINUACIÓN SE ENLISTAN LOS POSIBLES INSTRUMENTOS A EMPLEAR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA SUBTERRÁNEA.

- TUBO DE OBSERVACIÓN DEL NIVEL FRÉÁTICO.
- PIEZÓMETRO ABIERTO.
- REFERENCIAS SUPERFICIALES.
- BANCO DE NIVEL FLOTANTE.
- BANCO DE NIVEL PROFUNDO.
- CELDA DE CARGA.
- CELDA DE PRESIÓN.
- EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.
- EXTENSÓMETRO DE CINTA O ALAMBRE.
- INCLINÓMETRO.

III.2. COLOCACION DE LA INSTRUMENTACION.

EN ESTE SUBCAPÍTULO SE CONTINUARÁ CON EL EJEMPLO MENCIONADO EN EL SUBCAPÍTULO No. II.2 POR LO QUE LA ESTACIÓN DEL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE SERÁ LA MISMA, DE IGUAL FORMA LOS MISMOS INSTRUMENTOS DESDE LA SUPERFICIE POR LO QUE YA SE DESCRIBIÓ SU COLOCACIÓN. AQUÍ SE TRATARÁN LOS INSTRUMENTOS A COLOCAR DESDE EL INTERIOR. PESE A QUE SE INSTALARÁN TODOS LOS EMPLEADOS EN LAS SECCIONES DE LA ESTACIÓN AUDITORIO MENCIONADO, CON EL FIN DE NO PERDER DE VISTA LOS INSTRUMENTOS A EMPLEAR, SE RELACIONAN A CONTINUACIÓN:

REFERENCIAS SUPERFICIALES,
BANCO DE NIVEL FLOTANTE.
BANCO DE NIVEL PROFUNDO,
EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.
INCLINÓMETRO
EXTENSÓMETRO DE CINTA O ALAMBRE (PORTÁTIL).

EL INSTRUMENTO, DESDE EL INTERIOR DEL TÚNEL ES EL EMPLEADO EN MEDICIONES DEL MOVIMIENTO CONVERGENTE DE LAS PAREDES DEL TÚNEL POR MEDIO DE EXTENSÓMETRO DE CINTA, EN ESTE CASO EL UTILIZADO EN ESTA OBRA SUBTERRÁNEA TOMADA COMO EJEMPLO, SE UTILIZÓ EL EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR. ESTE APARATO CONSISTE EN UNA CINTA DE ACERO INVAR DE 25 M. DE LONGITUD MARCADA A CADA MEDIO CENTÍMETRO, LA CUAL SE ACOPLA POR UN EXTREMO AL GANCHO INSTALADO EN LA PARED DE LA OBRA SUBTERRÁNEA O TÚNEL Y POR EL OTRO EXTREMO SE SUJETA AL APARATO DE MEDICIÓN, EL CUAL A SU VEZ SE FIJA, POR SU OTRO EXTREMO AL GANCHO DE MEDICIÓN INSTALADO EN LA PARED OPUESTA. EL APARATO SE TENSA SIEMPRE A UNA MISMA FUERZA DE 15 Kg, Y SU LECTURA ES A BASE DE UN MICRÓMETRO CON GRADUACIÓN DE 0.01 MM. Y RANGO DE 0 A 2.5 CM.

EN ESTE TIPO DE MEDICIONES EL CAPTOR DE MOVIMIENTOS DEL SUBSUELO ES EL PUNTO DE REFERENCIA TIPO ANCLA INSTALADO EN LAS PARTES DEL TÚNEL, EL REGISTRADOR ES EL DISPOSITIVO LLAMADO EXTENSÓMETRO DE CINTA INVAR FIGURA III.2.A.

EL PRINCIPIO DE SU FUNCIONAMIENTO CONSISTE EN QUE LA DEFORMACIÓN QUE SUFRAN LAS PAREDES DEL TÚNEL, LO CAPTA LA VARIACIÓN DE DISTANCIAS ENTRE LAS ANCLAS INSTALADAS, REGISTRÁNDOSE MODIFICACIÓN EN LA DISTANCIA INICIAL CON LAS TOMADAS POSTERIORMENTE EN ESTOS MISMOS PUNTOS.

POR LO QUE CON ESTE INSTRUMENTO DE CONVERGENCIA SE PUEDEN EFECTUAR VARIAS MEDICIONES EN UNA MISMA SECCIÓN, LO CUAL FACILITA LA INTERPRETACIÓN Y MUESTRA COMO SE COMPORTA DICHA SECCIÓN EN EL INTERIOR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA (TÚNEL).

EXTENSOMETRO DE CINTA INVAR

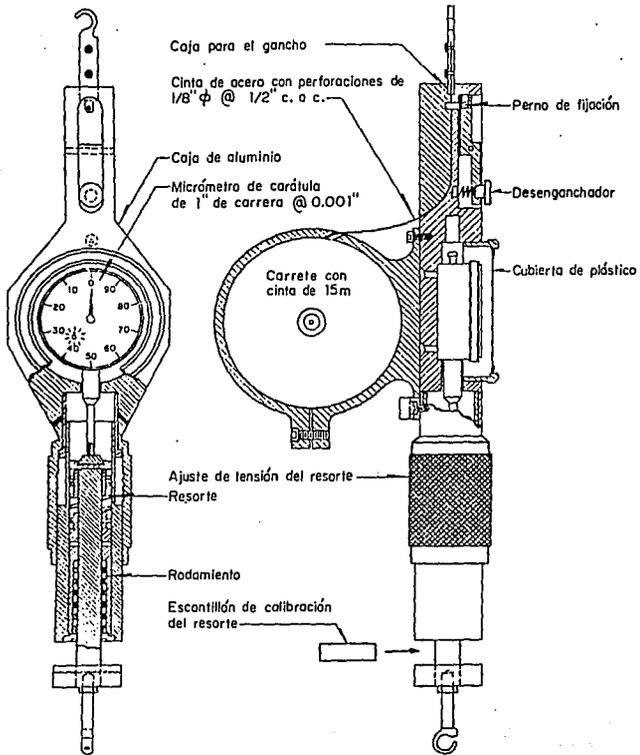


FIGURA III.2.A

III.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN.

EN ESTE SUBCAPÍTULO SÓLO SE TRATARÁN LOS FACTORES QUE AFECTAN LA PRECISIÓN Y LIMITACIONES DE LA INSTRUMENTACIÓN TRATADA EN EL SUBCAPÍTULO III.2 SIN VOLVER A REPETIR LAS DESCRIPCIONES DE LOS INSTRUMENTOS TRATADOS EN EL SUBCAPÍTULO II.3, - ÉSTO CON EL FIN DE NO DUPLICAR INFORMACIÓN.

DE LO ANTERIOR SE TIENE UN SÓLO INSTRUMENTO A TRATAR; - QUE ES EL EXTENSÓMETRO DE CINTA:

LOS FACTORES QUE AFECTAN ESTE INSTRUMENTOS SON:

- QUE LA TENSIÓN APLICADA A LA CINTA SE MANTENGA CONSTANTE EN TODAS LAS LECTURAS TOMADAS EN UNA SECCIÓN.
- QUE LOS GANCHOS DONDE SE COLOCA ESTE EXTENSÓMETRO - NO SUFRAN DAÑOS O SE ROMPAN DURANTE EL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.
- CALIBRAR EL INSTRUMENTO SEGÚN LO RECOMIENDE EL FABRICANTE.
- TOMAR EN CUENTA LA CORRECCIÓN POR TEMPERATURA QUE - MARQUE EL FABRICANTE PARA LAS ALTAS TEMPERATURAS.

EN LO QUE RESPECTA A SUS LIMITACIONES SE TIENE QUE EN TÚNELES DE GRANDES DIMENSIONES ES MENOS CONFIABLE YA QUE SU PRECISIÓN ES POCO CONFIABLE DEBIDO A QUE OBLIGA A TENER LA MISMA TENSIÓN EN LAS DIFERENTES MEDIDAS EN LA MISMA SECCIÓN - POR LO QUE LA DIMENSIÓN MUY GRANDE DE LA OBRA SUBTERRÁNEA DIFICULTA UNA BUENA INSTRUMENTACIÓN OPTÁNDOSE POR NO USAR ESTE INSTRUMENTO EN OBRAS SUBTERRÁNEAS DE ESTE TIPO.

III.4. PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS Y SU INTERPRETACIÓN.

EN ESTE SUBCAPÍTULO SE TOMARÁ COMO TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA HASTA QUE LOS INSTRUMENTOS REPORTEN VARIACIONES MÍNIMAS, PARTIENDO DE ÉSTO SE ESTABLECE QUE LA PERIODICIDAD EN LA TOMA DE DATOS SERÁ.

EN LOS INSTRUMENTOS DESDE LA SUPERFICIE SUS LECTURAS - EN LAS ESTACIONES INSTRUMENTADAS SE EFECTÚEN POR LO MENOS CADA TERCER DÍA MIENTRAS EL FRENTE DE LA EXCAVACIÓN DE LA OBRA SUBTERRÁNEA ESTUVO ENTRE LOS TRES DIÁMETROS ANTERIORES Y TRES DIÁMETROS POSTERIORES A LA ESTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN, UNA VEZ CADA SEMANA EN EL SIGUIENTE AVANCE DE TRES DIÁMETROS Y UNA VEZ CADA MES HASTA QUE EN CUATRO SEMANAS NO SE APRECIARON VARIACIONES DE CONSIDERACIÓN EN LAS LECTURAS REGISTRADAS.

PARA LOS INSTRUMENTOS COLOCADOS EN EL INTERIOR DE LA OBRA SUBTERRÁNEA SUS LECTURAS SE TOMARON POR LO MENOS CADA TERCER DÍA MIENTRAS EL FRENTE DE LA EXCAVACIÓN AVANZÓ A TRAVÉS DE LOS SIGUIENTES TRES DIÁMETROS DESPUÉS DE LA SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN, UNA VEZ CADA SEMANA EN EL SIGUIENTE AVANCE DE TRES DIÁMETROS, UNA VEZ CADA QUINCE DÍAS DURANTE EL SIGUIENTE AVANCE DE TRES DIÁMETROS Y UNA VEZ CADA MES A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE LOS MOVIMIENTOS SE ESTABILIZARON.

POR LO QUE RESPECTA A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS MOVIMIENTOS REGISTRADOS EN CADA UNO DE LOS APARATOS --- INSTALADOS EN EL INTERIOR Y DESDE LA SUPERFICIE, REGISTRÁNDOSE LAS DEFORMACIONES MÁXIMAS, ASÍ COMO LA VELOCIDAD PROMEDIO DE ESTA DEFORMACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LAS MISMAS.

EN LOS REGISTROS DE EXTENSÓMETROS DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES SE TIENEN LA TABLA "A" EN LA QUE SE PUEDE VER QUE LOS EXTENSÓMETROS INSTALADOS EN FORMA VERTICAL E INCLINADA EN EL CADENAMIENTO 12 + 430, REGISTRARON UN MOVIMIENTO TOTAL DE SEPARACIÓN ENTRE EL ANCLA DE MEDICIÓN Y EL NIVEL DE TERRENO NATURAL (NTN) DE 13 MM. CON UNA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN ENTRE 0.09 Y 0.14 MM/DÍA, ESTE MOVIMIENTO SE ESTABILIZÓ A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DEL LANZADO DE LA 2A. CAPA DE SHOTCRETE DE 10 CM. DE ESPESOR (FIGURA III.4.A Y III.4.B.).

LOS EXTENSÓMETROS INSTALADOS EN EL CADENAMIENTO 12+525 REGISTRARON UN MOVIMIENTO MÁXIMO DE 6 MM. CON VELOCIDAD DE ENTRE 0.12 A 0.14 MM/DÍA, LA ESTABILIZACIÓN SE REGISTRO EN LOS 13 M. POSTERIORES DE ATAQUE DEL TÚNEL (FIGURA III.4.C. Y III.4.D).

EN LO QUE RESPECTA A SECCIONES DE CONVERGENCIA, EN LAS SECCIONES INSTALADAS EN ESTA ZONA DE INSTRUMENTACIÓN SE REGISTRARON VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN MÁXIMO ENTRE 0.50 Y 0.70 MM/ DÍA. EN LO QUE RESPECTA A MAGNITUDES EN UNA DE LAS SECCIONES SE REGISTRÓ UN MOVIMIENTO TOTAL DE 45.8 MM. EN LA LÍNEA HORIZONTAL DE MEDIA SECCIÓN, CON UNA VELOCIDAD DE 0.67 MM/DÍA, DE 22 MM. EN LA LÍNEA DE PISO A TECHO CON UNA VELOCIDAD DE 0.67 MM/DÍA, SIN EMBARGO, INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LANZADA LA 2A. CAPA DE SHOTCRETE PARA COMPLETAR 25 CM. DE ESPESOR DE CONCRETO, LOS MOVIMIENTOS EN LA MAYORÍA DE LAS SECCIONES SE ESTABILIZARON (FIGURA III.4.E. Y III.4.F.).

T A B L A A

TIPO DE INSTRUMENTACION	CADENAMIENTO	DEFORMACION DISTANCIA DE LA CLAVE AL PUNTO DE MEDICION	MAXIMA MM	VELOCIDAD CRITICA DE DEFORMACION MM/DIA	OBSERVACIONES.
EXTENSÓMETRO No. 3	12 + 430.00	A 3.00M DE LA CLAVE	13.5	0.09	ESTABILIZACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUES DEL -- LANZADO DE LA 2A. CAPA DE - SHOTCRETE.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 4	12 + 430.00	A 0.50M. DE LA CLAVE	13.2	0.14	ESTABILIZACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUES DEL - LANZADO DE LA 2A. CAPA DE SHOTCRETE.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 3	12 + 525.00	A 0.50M DE LA CLAVE	6.0	0.12	ESTABILIZACIÓN A LOS 13M POS- TERIORES DE A- TAQUE EN EL TÚ- NEL.
EXTENSÓMETRO MECÁNICO No. 4	12 + 525.00	A 0.50M DE LA CLAVE	2.5	0.14	ESTABILIZACIÓN DÍAS DESPUÉS - DEL PASO DE LA EXCAVACIÓN'

LAS DEFORMACIONES REGISTRADAS EN LOS INCLINÓMETROS FUERON DE 3 A 4 MM, OBTENIDAS DESPUÉS DEL PASO DEL TÚNEL POR LA SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN; ESTOS MOVIMIENTOS SE ESTABILIZARON APROXIMADAMENTE A LOS 50 DÍAS DESPUÉS DE QUE EL TÚNEL PASÓ POR LA SECCIÓN (FIGURA III.4.G. Y III.4.H).

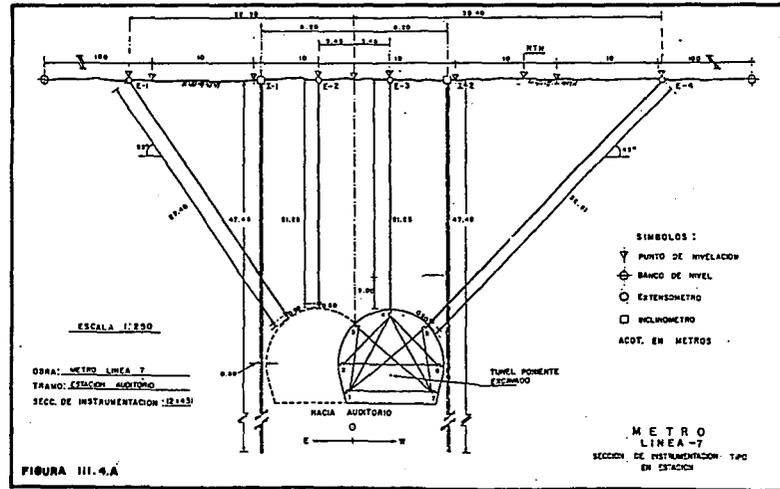
EN LAS NIVELACIONES SE REGISTRARON HUNDIMIENTOS DEL ORDEN DE 50 A 60 MM, ESTABILIZÁNDOSE LOS MOVIMIENTOS; EL PROGRESO DE ESTOS HASTA SU ESTABILIZACIÓN SE REPORTAN EN LAS FIGURAS III.4.I, "A" III.4.P, DONDE SE MUESTRAN VARIAS SECCIONES DE NIVELACIÓN.

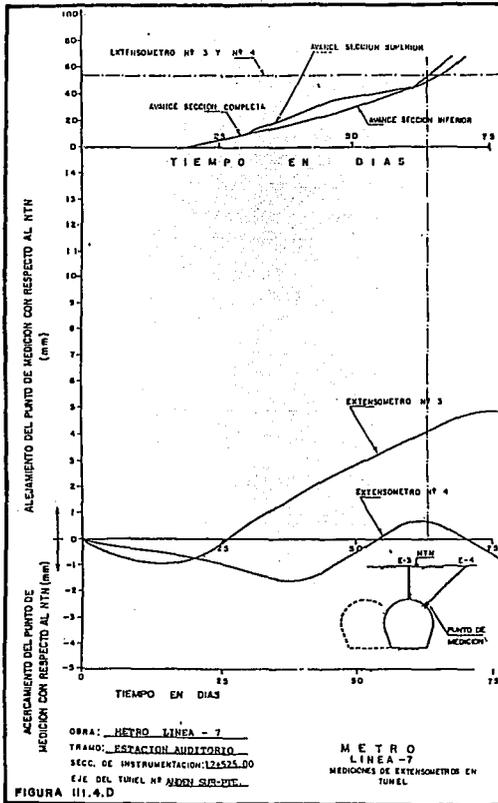
UN RESUMEN COMPARATIVO DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN UNA SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DE UN MISMO MOVIMIENTO QUE PRESENTÓ EL SUBSUELO DURANTE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL CON DIFERENTES APARATOS, SERÍA EL SIGUIENTE: LA SUMA DE LOS MOVIMIENTOS DEL EXTENSÓMETRO VERTICAL MÁS LOS HUNDIMIENTOS DEL BROCAL DEL MISMO APARATO, COMPARADOS CON LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CONVERGENCIA VERTICALES REALIZADAS DENTRO DEL TÚNEL, PRESENTARON UNA DIFERENCIA EN LO QUE RESPECTA A LA MAGNITUD DEL MOVIMIENTO QUE SE REGISTRÓ CON AMBOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEBIDO A LA ETAPA EN QUE SE INSTALÓ CADA APARATO CON RESPECTO AL FRENTE DE LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL. SIN EMBARGO LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN OBTENIDA DEL EXTENSÓMETRO MÁS NIVELACIÓN FUE DE 0,45 MM/DÍA Y LA REGISTRADA EN LAS CONVERGENCIAS VERTICALES FUE DE 0,40 MM/DÍA, AMBOS CASOS A LOS 38 DÍAS DESPUÉS DE QUE EL TÚNEL PASÓ POR LA SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN, POR LO QUE SE PUEDE VER QUE EN VELOCIDADES DE DEFORMACIÓN SI EXISTE UNA POSIBLE COMPARACIÓN.

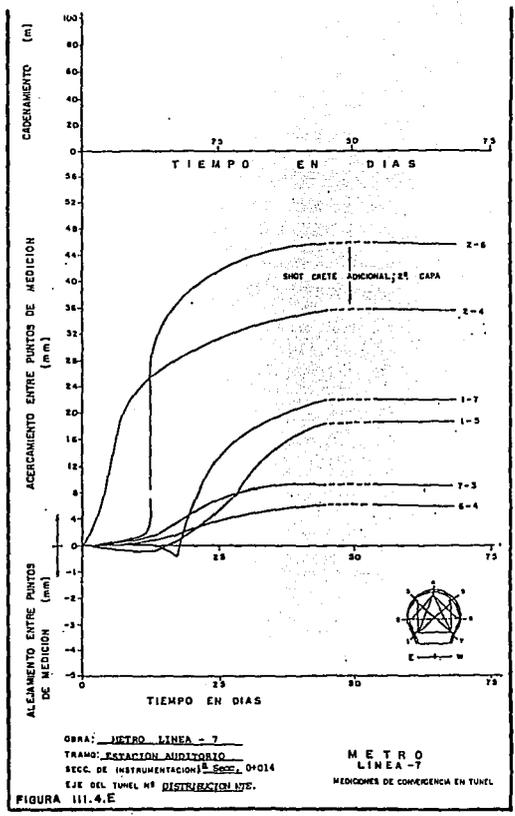
LA OTRA COMPARACIÓN REALIZADA ENTRE MEDICIONES REALIZADAS CON INCLINÓMETROS Y LAS DE CONVERGENCIA HORIZONTAL EN LA SECCIÓN MEDIA, ES LA SIGUIENTE:

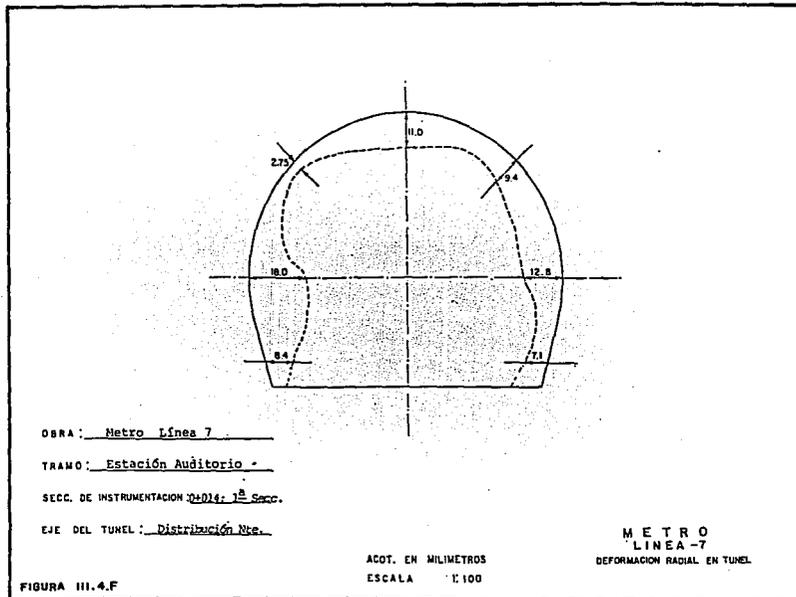
DE LA DEFORMACIÓN REGISTRADA, NUEVAMENTE EN LO QUE RESPECTA A MAGNITUDES, FUERON DIFERENTES, SIN EMBARGO EN LAS VELOCIDADES, LA OBTENIDA CON INCLINÓMETROS FUE DE 0.015 MM/DÍA Y EN LA CONVERGENCIA HORIZONTAL FUE DE 0.020 MM/DÍA, VELOCIDADES ANALIZADAS A 38 DÍAS DESPUÉS DE QUE EL TÚNEL PASÓ POR LA SECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN, LOS RESULTADOS ANALIZADOS DEMUESTRAN NUEVAMENTE UNA LONGITUD EN LOS REGISTROS OBTENIDOS DE UN MISMO PARÁMETRO CON APARATOS DIFERENTES, DANDO COMO RESULTADO UNA MAYOR CONFIABILIDAD EN LA POSIBLE UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS.

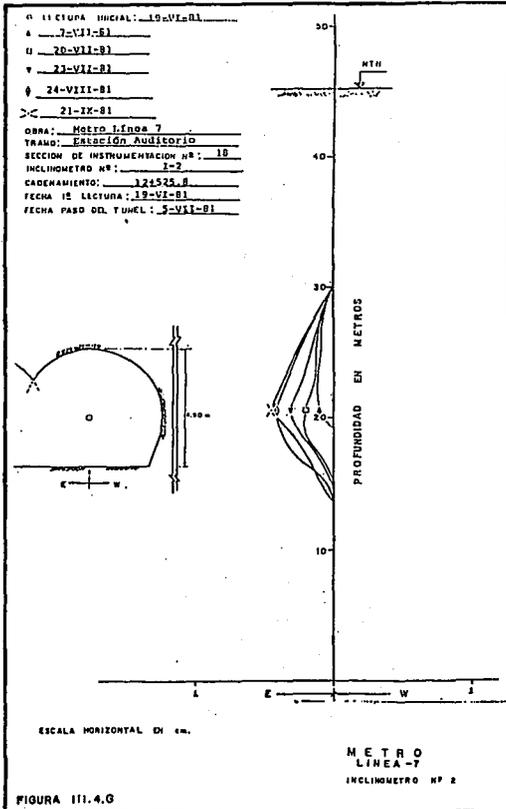
CABE SEÑALAR QUE SE TOMARÁN COMO PUNTO DE INICIO DE --- INESTABILIDAD A LOS RESULTADOS DE LA INSTRUMENTACIÓN DE --- ESTA OBRA, CUANDO EL TIEMPO Y LA DEFORMACIÓN SE INCREMENTEN AL MISMO RITMO OBLIGAN A COLOCAR LA 2DA. CAPA DE CONCRETO LANZADO, Y POR EL CONTRARIO SE CONSIDERARÁ QUE LA ESTRUCTURA - SERÁ ESTABLE CUANDO AL PASO DEL TIEMPO, ÉSTE SE INCREMENTE Y LA DEFORMACIÓN DISMINUYA HASTA SER MÍNIMA O NULA.

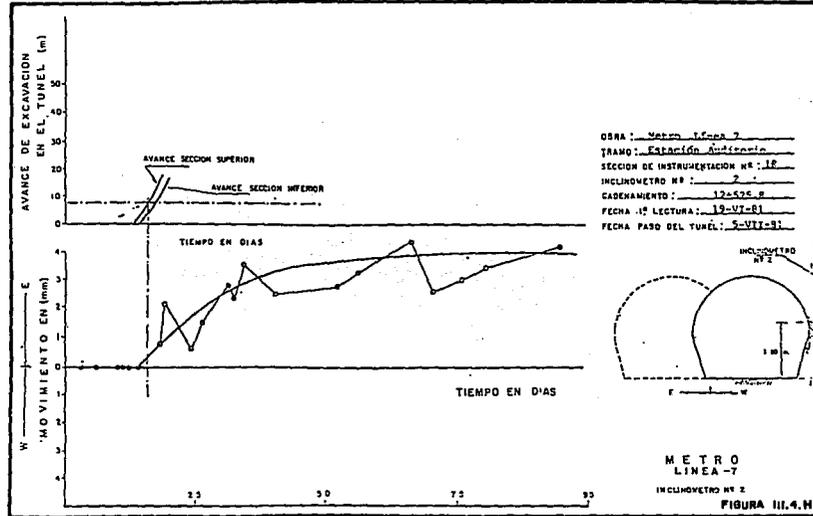


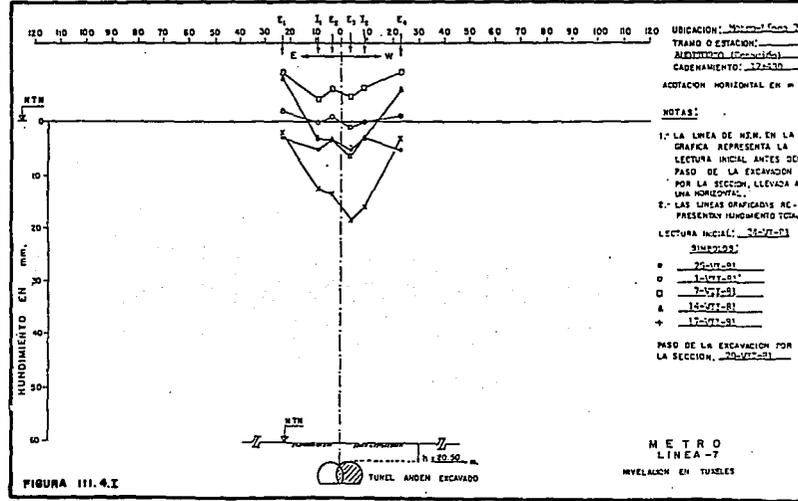


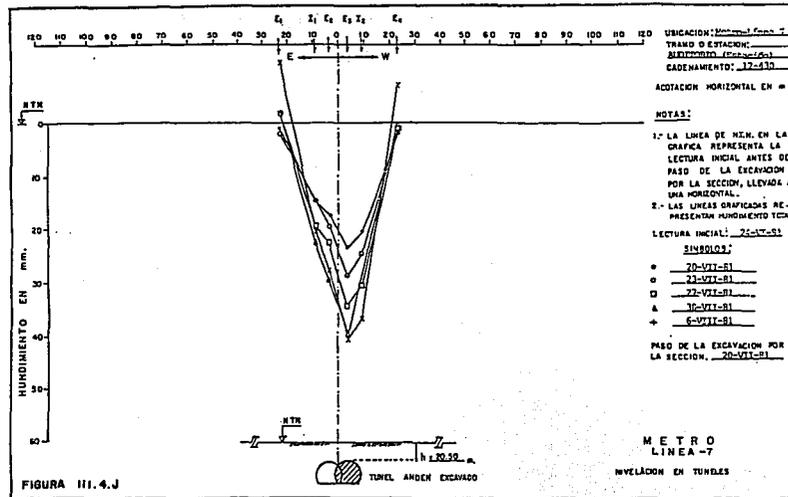


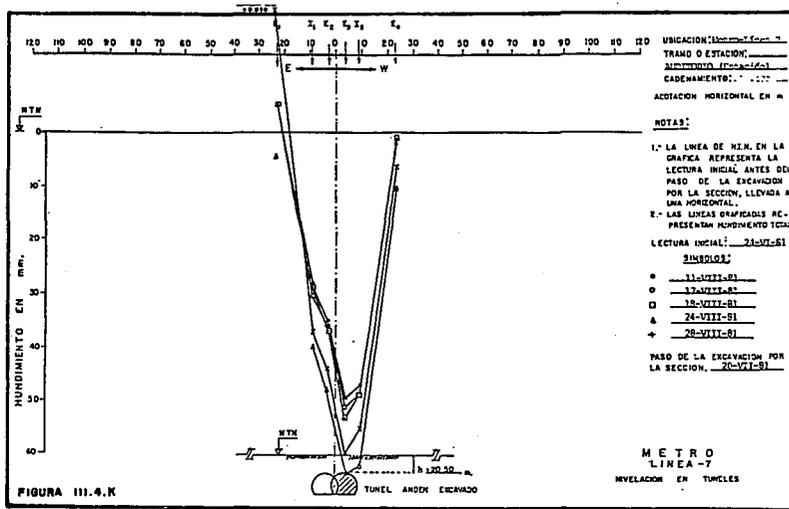


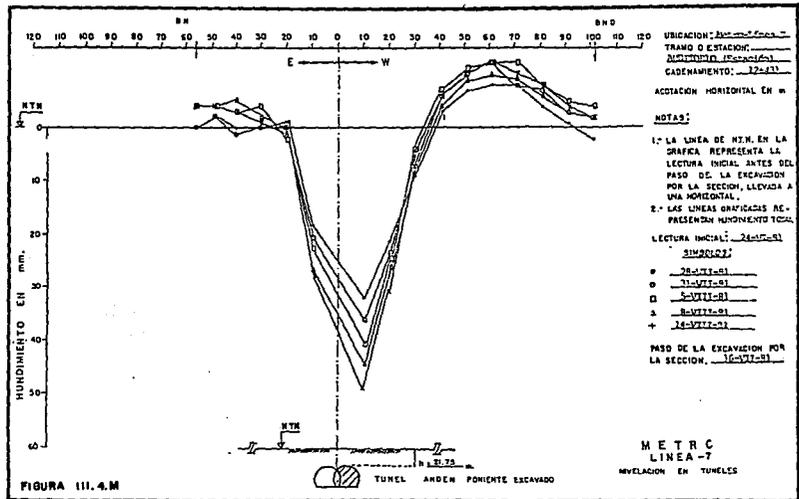


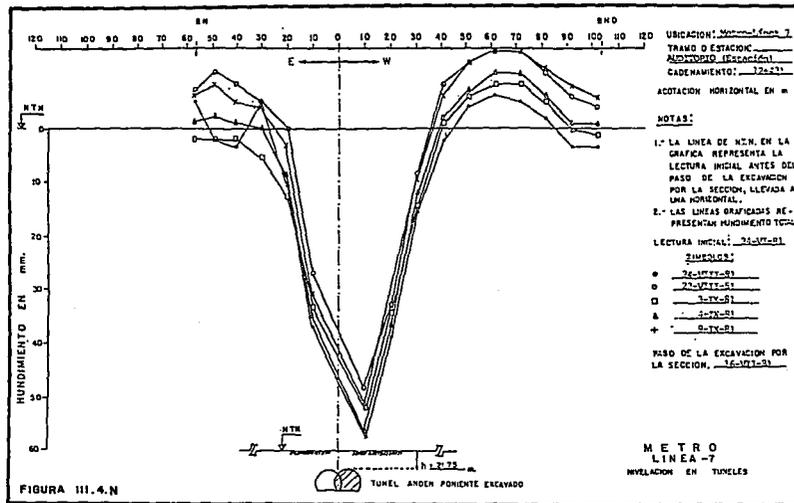


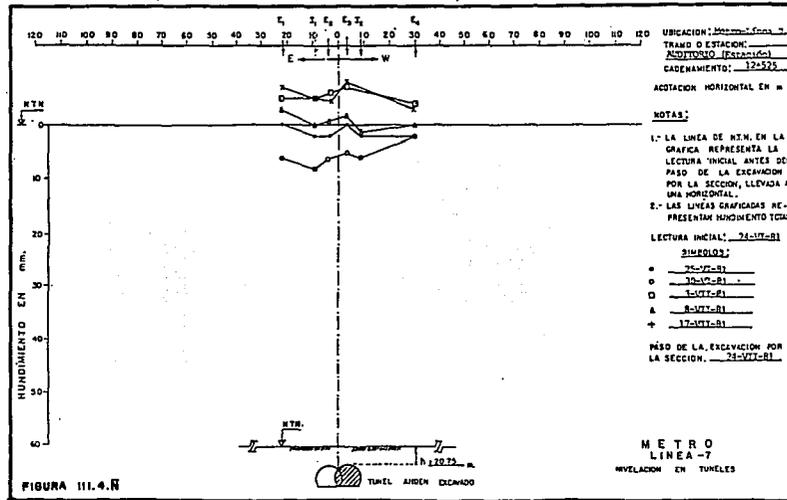


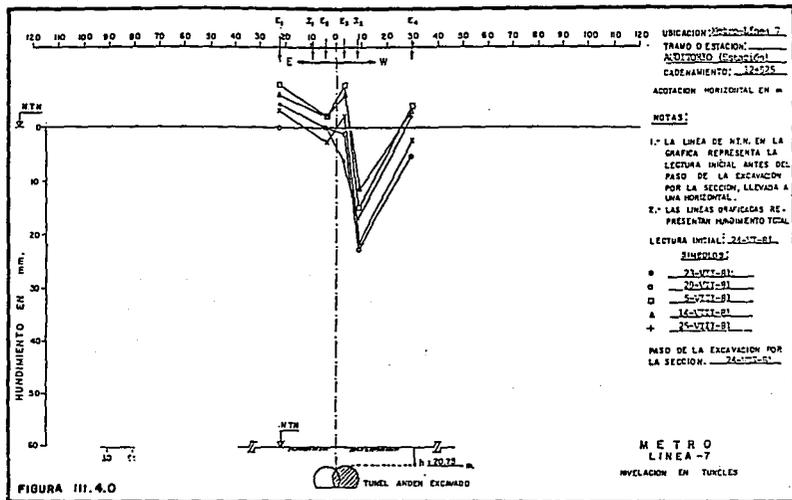












APENDICE. COSTO DE LA INSTRUMENTACION UTILIZADA

A.1. COSTO DE UNA SECCIÓN INSTRUMENTADA.

EL COSTO DE UNA SECCIÓN INSTRUMENTADA COMO LA MANEJADA EN EL EJEMPLO DEL PRESENTE TRABAJO, SE PRESENTARÁ EN BASE AL SALARIO MÍNIMO DIARIO PARA EL DISTRITO FEDERAL QUE ES DE: --- N\$ 15.27 ENTRANDO EN VIGOR DESDE EL MES DE ENERO DE 1994 - POR LO QUE EL COSTO EN NUEVOS PESOS SERÁ PRESENTADO DE ACUERDO AL NÚMERO DE SALARIOS MÍNIMOS EQUIVALENTES A LA CANTIDAD.

ESTO SE MANIFIESTA EN BASE A LO QUE REPRESENTABA EN - EL MES DE ENERO DE 1994 EL COSTO DE UNA SECCIÓN COMO LAS CITADAS EN EL EJEMPLO DEL PRESENTE TRABAJO INCLUYENDO SU INTERPRETACIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS O INFORME HASTA LA ESTABILIDAD DE LA OBRA, MOSTRADO EN LAS SIGUIENTES TABLAS:

TABLA I COSTO POR INSTRUMENTO

TABLA II COSTO DE UNA SECCION INSTRUMENTADA.

T A B L A I

INSTRUMENTO	COSTO UNITARIO EN SALARIOS MÍNIMOS.
NIVELACIÓN	259.12
EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES.	509.65
INCLINÓMETRO	3,113.36
EXTENSÓMETRO DE CINTA (CINTA INVAR)	510.70

T A B L A I I

COSTO DE UNA SECCION INSTRUMENTADA.

INSTRUMENTO	COSTO UNITARIO EN SALA- RIOS MÍNIMOS.
NIVELACIÓN	404,88
EXTENSÓMETRO DE ALAMBRE TENSADO CON RESORTES	2,019,30
INCLINÓMETRO	7,120,40
EXTENSÓMETRO DE CINTA (CINTA INVAR)	<u>663,60</u>
TOTAL	10,208,18

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

LA EFECTIVIDAD EN UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN NOS MUESTRA QUE LAS SECCIONES INSTRUMENTADAS NOS REPORTAN MEDICIONES QUE REFLEJAN EL COMPORTAMIENTO DE LA OBRA SUBTERRÁNEA AL REALIZARSE SU EXCAVACIÓN. ESTOS REPORTES MUESTRAN QUE LAS DEFORMACIONES SON RELATIVAMENTE, ALTAS Y LAS VELOCIDADES DE PROGRESO DE LAS MISMAS SON UNIFORMES EN EL TIEMPO O INCLUSO CRECIENTES, ÉSTO DA UNA INDICACIÓN DE QUE EL SISTEMA DE SOPORTE COLOCADO, YA SEA ADEME TEMPORAL O REVESTIMIENTO DEFINITIVO NO TENÍA LA RIGIDEZ O RESISTENCIA NECESARIA, POR LO QUE LA INSTRUMENTACIÓN NOS DA A CONOCER ÉSTO EN FORMA INMEDIATA CONDUCIÉNDONOS A LA NECESIDAD DE LLEVAR A CABO UN REFUERZO Y CON BASE EN LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES, SE OBSERVA QUE CON EL REFUERZO COLOCADO SE ESTABILIZÓ LA EXCAVACIÓN, O SI SE REQUERÍA DE REDISEÑAR OTRO ADEME QUE LOGRE LA ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN, QUE NO FUE EL CASO DEL EJEMPLO, EL CUAL MOSTRÓ ESTABILIDAD EN LA COLOCACIÓN DE LA 2DA. CAPA DE ADEME.

LO ANTERIOR NOS MUESTRA QUE LA BUENA INSTRUMENTACIÓN NOS -- PRESENTA DATOS, LOS CUALES NOS DAN LA SEGURIDAD QUE LA OBRA EJECUTADA SE ENCUENTRA EN UN GRADO DE CONFIABILIDAD ACEPTABLE EN ESTABILIDAD. AL COLOCAR LA 2DA. CAPA DE ADEME.

EN LA INSTRUMENTACIÓN DE ESTAS OBRAS SE REQUIERE QUE PARA LA OBTENCIÓN DE BUENOS RESULTADOS, LA INSTRUMENTACIÓN, SE COLOCARÁ DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE CADA OBRA, --- POR LO QUE LA INSTRUMENTACIÓN SE COLOCARÁ EN LOS LUGARES DONDE SE TENGA INCERTIDUMBRE DEL COMPORTAMIENTO, Y ESTABILIDAD, PARA LO -

CUAL SE TENDRÁ QUE DEFINIR EL TIPO DE VARIABLES Y SELECCIONAR EL INSTRUMENTO QUE MEJOR RESPONDA A LAS AGRESIONES DEL MEDIO EN DONDE OPERARÁ. ESTA SELECCIÓN SE REALIZARÁ VERIFICANDO LAS --- CARACTERÍSTICAS DE CADA INSTRUMENTO, DE LAS VARIABLES QUE CAUSARÁN INCERTIDUMBRE O DE LAS QUE REQUIERAN CONOCER EN FORMA INME-- DIATA SU COMPORTAMIENTO. LO ANTERIOR PARTIRÁ DE QUE TIPO DE -- OBRA ES, QUE EQUIPO SE EMPLEARÁ PARA SU CONSTRUCCIÓN Y EN QUE TIPO DE SUELO. EN CASO DE OBRAS SUBTERRÁNEAS, O QUE TIPO DE MATE-- RIALES SE EMPLEARÁN PARA SU CONSTRUCCIÓN, EN CASO DE VÍAS DE COMUNICACIÓN; PRESAS, EDIFICIOS, PUENTES O DEL TIPO DE ESTRUCTURA - QUE SE TRATE.

BIBLIOGRAFIA

- INSTRUMENTACIÓN Y MEDICIONES EN TÚNELES
EDITADO POR LA SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA
DE SUELOS A.C. SIMPOSIO EN OAXTEPEC, MORELOS
MAYO 1981.
- TÚNELES EN SUELOS BLANDOS Y FIRMES.
EDITADO POR LA SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA
DE SUELOS A.C. 1982.
- TÚNELES Y EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS
VOL. II, EDITA A.M.I.T.O.S.
CURSO VICTOR HARDY
- MANUAL DE DISEÑO GEOTÉCNICO
VOL. I Y II, EDITADO POR COVITUR
MÉXICO AGOSTO DE 1987.

AUTORES : ING. ENRIQUE TAMEZ
 ING. ENRIQUE SANTOYO
 ING. FEDERICO MOOSER
 ING. CARLOS E. GUTIÉRREZ
- GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION FOR MONITORING
FIELD PERFORMANCE.
EDITORIAL: JOHN WHILEY & SONS INC.
AUTOR: JOHN DUNNICLIFF.
- MANUAL DE OBRAS CIVILES, GEOTECNIA
B.2.5 INSTRUMENTACIÓN EN SUELOS.
EDITORIAL C.F.E.

- LA MECÁNICA DE SUELOS EN LA PRÁCTICA DE LA INGENIERÍA,

EDITORIAL: ATENEO.

AUTORES : K. TERZAGHI Y R.B. PECK

- LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES VOL. II.

EDITORIAL: LIMUSA.

AUTORES: ING. A. RICO R.

ING. H. DEL CASTILLO.

- MECÁNICA DE SUELOS VOL. I.

EDITORIAL: LIMUSA

AUTORES: ING. E. JUÁREZ B.

ING. A. RICO R.