

30



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA.

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA
MODELO FI-CTI-3610”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA**

288457



Ciudad Universitaria.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/112/98

Señor
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. HECTOR A. LEGORRETA CUEVAS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

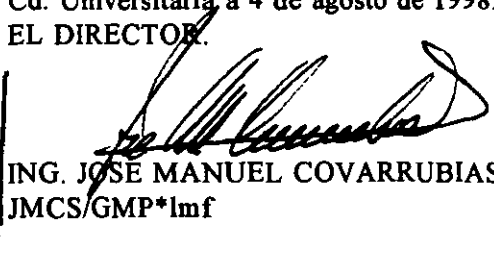
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA. MODELO FICTI-3610"

- INTRODUCCION**
- I. DESCRIPCION DE LA CAMARA TRIAXIAL**
 - II. SISTEMAS DE CONTROL**
 - III. SISTEMAS DE MEDICION Y ADQUISICION DE DATOS**
 - IV. PROCEDIMIENTO PARA ENSAYE TRIAXIAL ESTATICO**
 - V. ENSAYES PRELIMINARES**
 - VI. COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO**
- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 4 de agosto de 1998.
EL DIRECTOR.


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GMP*lmf

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610”

INDICE

Introducción.

Antecedentes.

Objetivos.

I. Descripción de la cámara triaxial.

I.I. Mecanismo de carga axial.

I.II. Sistema de confinamiento.

I.III. Equipo de instrumentación.

I.IV. Equipo para la adquisición de datos.

II. Sistemas de Control.

II.I. Sistema de presión confinante y contrapresión.

II.II. Sistema de saturación.

II.III. Sistema de presión para la carga axial.

III. Sistema de medición y adquisición de datos.

III.I. Medición de presión confinante.

III.II. Medición de contrapresión (presión de poro).

III.III. Medición de la fuerza aplicada a la probeta.

III.IV. Medición del cambio volumétrico de la probeta.

III.V. Sistema de adquisición de datos.

IV. Procedimiento para ensaye triaxial estático.

IV.I. Preparación del equipo triaxial.

IV.II. Preparación y montaje de la probeta de suelo.

IV.III. Ensaye triaxial tipo; q_u , UU, CU, CD.

IV.IV. Desmontaje del equipo.

V. Ensayes preliminares.

V.I. Pruebas triaxiales.

V.II. Procesamiento de los datos.

V.III. Resultados.

VI. Comportamiento del equipo.

Comentarios y conclusiones.

Bibliografía.

Apéndices.

INTRODUCCIÓN.**ANTECEDENTES.**

Los ensayos triaxiales en compresión son, en la actualidad, uno de los procedimientos de mayor confiabilidad para determinar las características esfuerzo-deformación y la ley de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos en el laboratorio. Existen dos tipos de ensaye triaxial, el primero de ellos es el de la prueba triaxial mediante esfuerzo controlado; en la cual se tiene dominio sobre las cargas que se le aplican a la muestra de suelo, para así conocer siempre el esfuerzo durante toda la prueba, y el segundo es el de deformación controlada (Fig. 1), que consiste en ir controlando las deformaciones que va teniendo la muestra de suelo. Los equipos para esta segunda prueba se pueden controlar mediante engranes para tener diferentes velocidades de deformación.

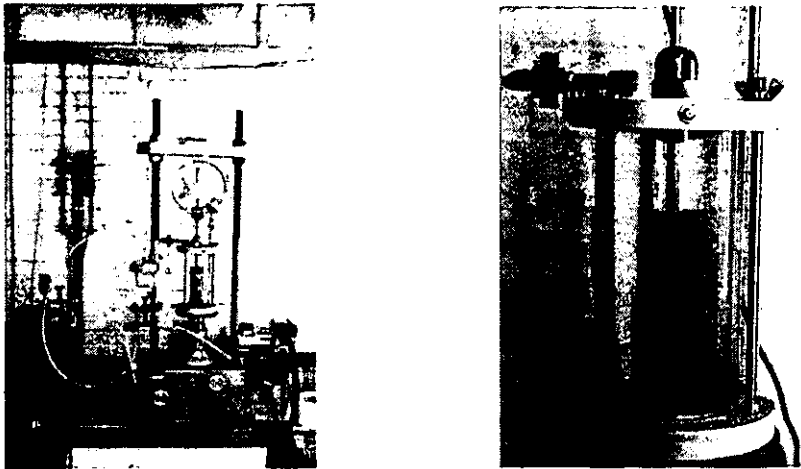


Fig. 1 Prueba de deformación controlada.

En la obtención de las características esfuerzo-deformación se utilizan gran variedad de equipos, entre ellos, está la cámara triaxial; en la cual se ensayan probetas de forma cilíndrica y que pueden estar o no sometidas a un esfuerzo confinante isotrópico o anisotrópico producido por un fluido y fluido con carga axial respectivamente, posteriormente se aplica un esfuerzo axial progresivamente creciente aplicado por un dispositivo de carga.

Los resultados de las pruebas triaxiales en compresión son analizados dibujando los círculos de Mohr para las condiciones de esfuerzo aplicado en cada espécimen cuando ocurrió la falla. Mediante la evaluación de los círculos de Mohr, los parámetros de resistencia del suelo, cohesión (c) y el

ángulo de fricción interna (ϕ), pueden ser determinados. Estos parámetros son usados para evaluar la resistencia al esfuerzo cortante resistente del suelo.

Observando las carencias de equipo que tiene el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería surgió la inquietud de diseñar y construir una Cámara Triaxial Instrumentada (CTI), que es motivo de este trabajo escrito, el cual se divide en seis partes:

- a) La primera parte da una descripción de la cámara triaxial, explicando los mecanismos de carga axial, sistema de confinamiento, equipo de instrumentación y el equipo de adquisición de datos.
- b) La segunda parte comprende los sistemas de control (sistemas de presión confinante, contrapresión, sistema de saturación y el sistema de presión para la carga axial) con los cuales cuenta la CTI.
- c) La tercera parte abarca los sistemas de medición; de presión confinante, de contrapresión, de fuerza aplicada a la probeta, el del cambio volumétrico de la probeta y por último el sistema de adquisición de datos.
- d) La cuarta parte describe los procedimientos para el ensaye triaxial estático (Preparación del equipo triaxial, preparación y montaje de la probeta de suelo, ensayos tipo; q_u , UU, CU, CD, y desmontaje del equipo)
- e) La quinta parte es la ejecución de pruebas triaxiales, procesamiento de datos y resultados
- f) La última parte se da un análisis del comportamiento del equipo.

La presente tesis se utilizará para pruebas de investigación y en las prácticas demostrativas para los alumnos de la Facultad de Ingeniería y otras facultades.

OBJETIVO.

El objeto de este trabajo, es el mostrar el esfuerzo que se realizó para desarrollar equipo de vanguardia en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería, atendiendo a las carencias de equipo y tener equipo nuevo con un mejor control sobre las variables que actúan en las pruebas que se llevan a cabo.

Este trabajo va dirigido a los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil y a los maestros de el área de Geotecnia para proporcionar una idea más completa de las partes que forman una cámara triaxial instrumentada, la función de cada una de ellas y los procesos de la información, que en la mayoría de las veces no se imparten en el salón de clase, pero que son de gran importancia para la formación del ingeniero en su vida profesional.

Se espera sea de gran ayuda para quienes deseen conocer sobre las pruebas de laboratorio, los equipos más actuales empleados para ellas, y a su vez pueda ser utilizado como: manual para desarrollar pruebas triaxiales, guía de construcción y manual de manejo de una cámara triaxial instrumentada, conceptos que empiezan a ser atractivos a las empresas dedicadas a esta rama de la Ingeniería Civil.

I.-DESCRIPCION DE LA CAMARA TRIAXIAL

La cámara triaxial instrumentada, modelo FI-CTI-3610 está constituida por cuatro módulos: de carga, de confinamiento, de instrumentación y de adquisición de datos.

I.1.- MECANISMO DE CARGA AXIAL.

La carga se aplica por medio de dos pistones neumáticos colocados en serie. Cada uno tiene émbolos de acero inoxidable con un diámetro de 5.08 cm de espesor. El conjunto tiene una longitud de 30.48 cm y la camisa del pistón posee un espesor de 1.27 cm.

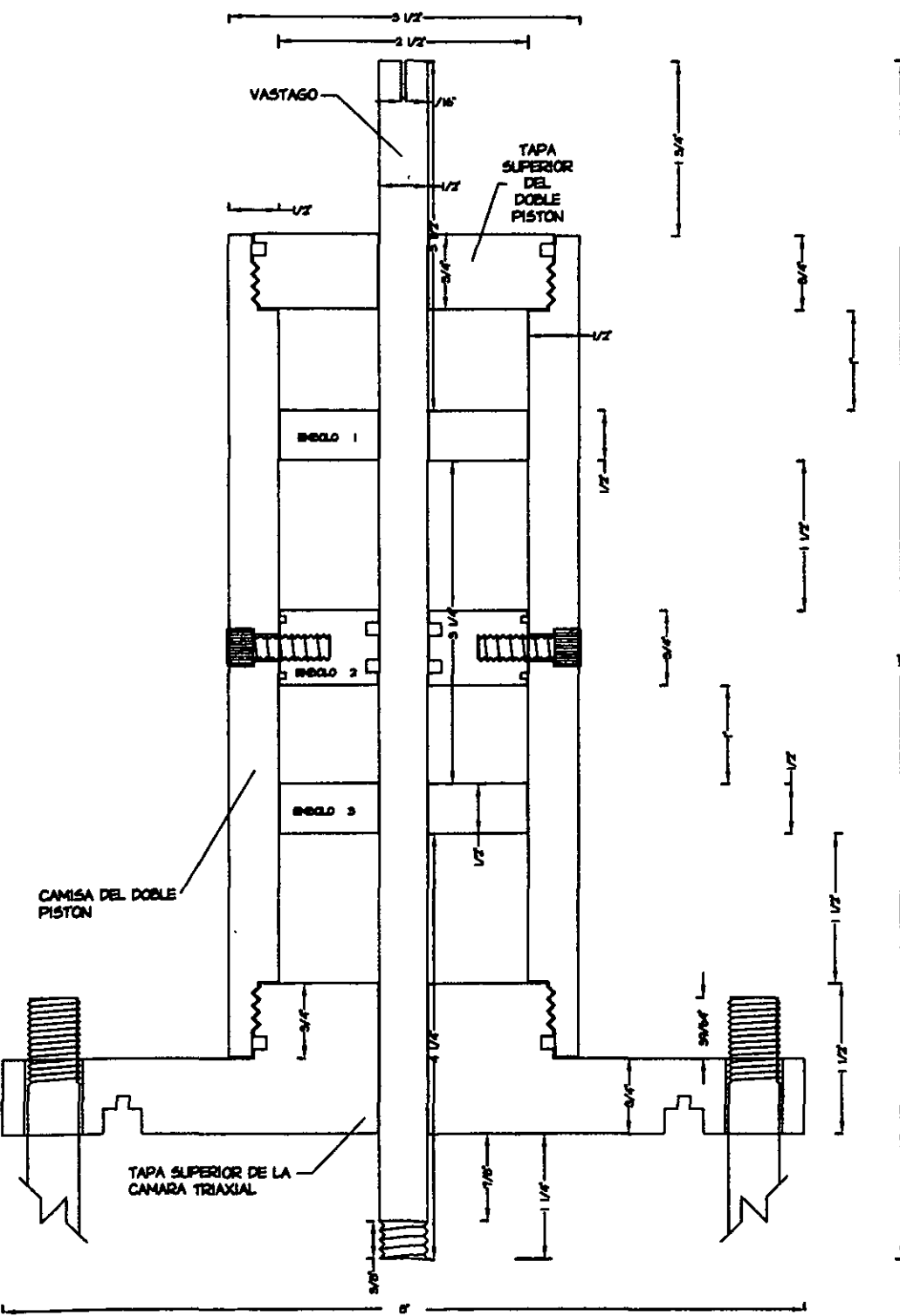
Los émbolos aseguran a un vástago de acero inoxidable y rectificado, el cual tiene un diámetro de 1.27 cm y una longitud de 30.48 cm. Para fijar los émbolos al vástago se labraron en éste unos escalones de 0.0625 cm de profundidad y 1.2075 cm de longitud. Cada escalón recibe un conector de acero, el cual aprieta contra el vástago y fija al émbolo en su posición.

La carrera total de los pistones es de 4.50 cm. Al comenzar una prueba estática o cíclica la carrera de compresión debe ser de 2.50 cm, y en extensión de 2.00 cm. El sistema está formado por los pistones 1 (superior) y 2 (inferior), ver Fig. 1.1.

El sistema de carga formado por los pistones se puede descomponer de la siguiente forma: la tapa superior, la tapa intermedia del conjunto que constituye la base para el pistón superior y la tapa para el pistón inferior y la base del pistón inferior que es la tapa de la cámara triaxial. Los detalles de los émbolos, camisa y vástago se encuentran en las Fig. 1.2, Fig. 1.3 y Fig. 1.4.

Las tres tapas que forman parte del sistema de pistones en serie tienen un buje; cada uno tiene dos cajas para los o-rings, tanto en su interior como en el exterior, con el fin de sellar y evitar la comunicación del aire a presión entre los propios pistones y hacia el exterior.

Los pistones se ensamblan siguiendo un sentido de armado y numeración de abajo hacia arriba (Fig. 1.5). Se recomienda el proceso siguiente: se coloca el tope 1 fijándose, posteriormente el émbolo y finalmente se coloca el tope 2 y se fija. Se introduce la tapa intermedia, libre en su movimiento vertical, y se le aplica unas gotas de aceite ligero para que deslice fácilmente al momento que empiece a ser guiada por el vástago. El paso siguiente consiste en colocar el tercer tope fijándose, continuando el émbolo y finalmente se coloca el tope 4 y se fija. Se introduce el conjunto en la camisa fijando la tapa intermedia (girando el conjunto para hacer coincidir las cuerdas



TAPALONG

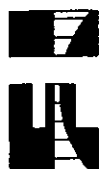
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL
INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"

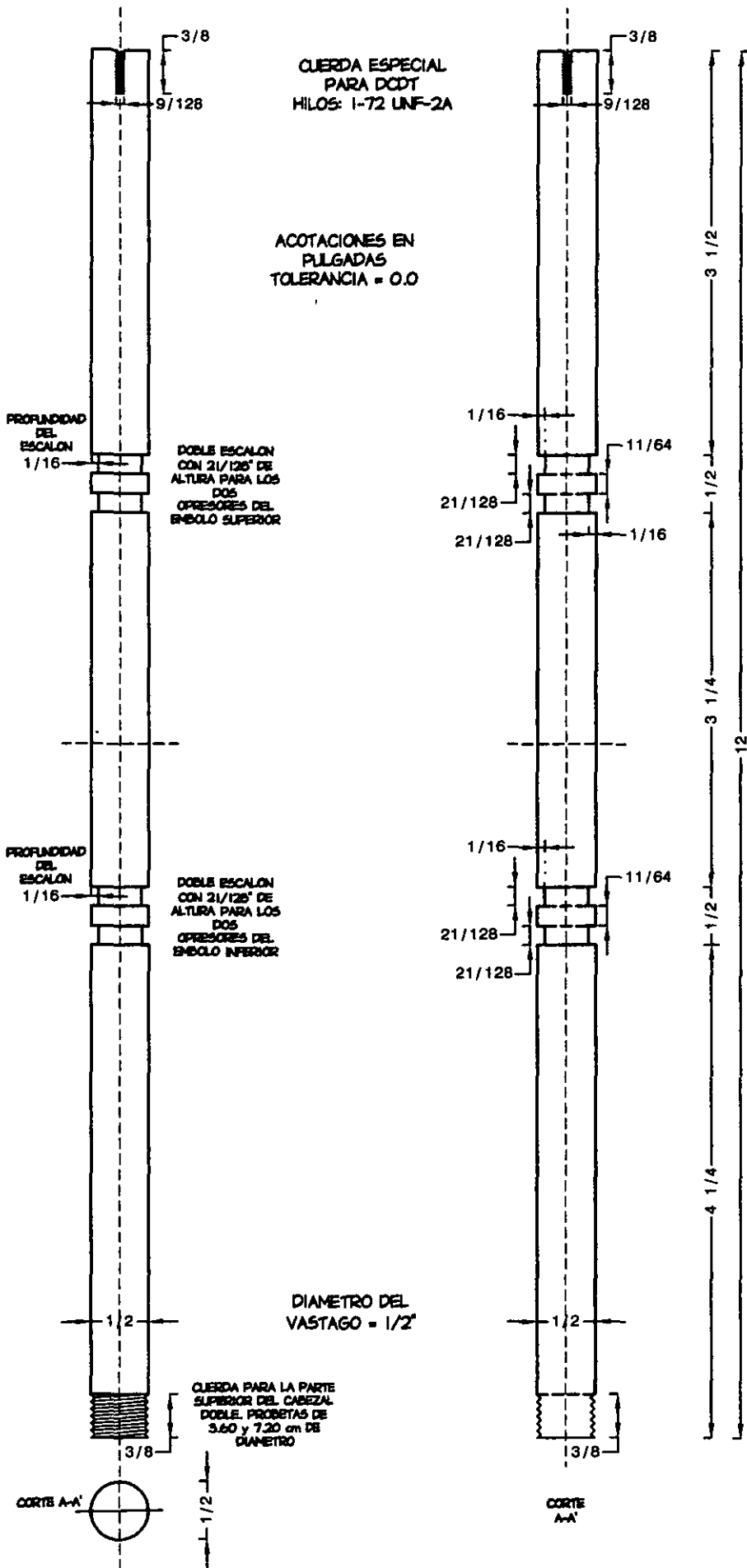
ALUMNO: ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO: PNB. 1.1 TAPA SUPERIOR Y DOBLE PISTON DE CAMARA INSTRUMENTADA

1999

T-01

	ESCUELA DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
---	--



VASTAGO.DWG

TESIS PROFESIONAL: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610**

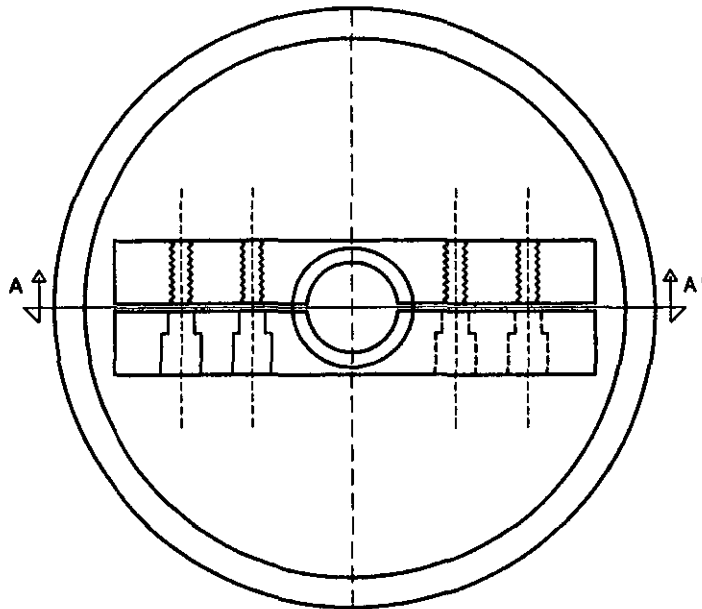
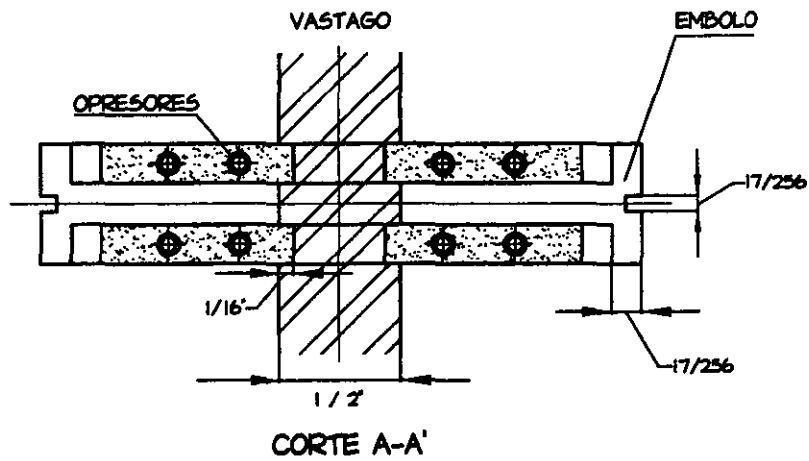
ALUMNO: **ALEJANDRO CASTRO ORTEGA**

CONTINUIDAD: **1999**

FIG. 12 VASTAGO DE CARGA.

GRUPO A.C.A.	GRUPO A.C.A.	GRUPO A.C.A.
FECHA: A.A.A.	FECHA: A.A.A.	FECHA: A.A.A.

ESCUELA DE INGENIERIA



CORTE.DWG

TESIS PROFESIONAL:

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"

ALUMNO:

ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO:

FIG. 1.3 DETALLE DE LOS EMBOLOS

1999



FACULTAD DE INGENIERIA

CALCULO: A.C.O.

DEBUNO: A.C.O.

REVISION

FECHA:

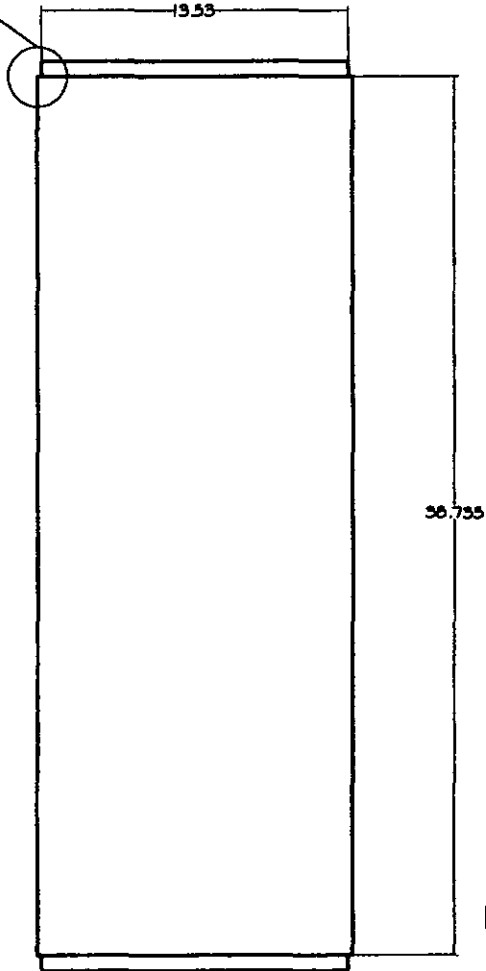
REVISO: A.C.O.

FECHA: ABRIL / 99

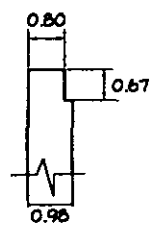
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

E-01

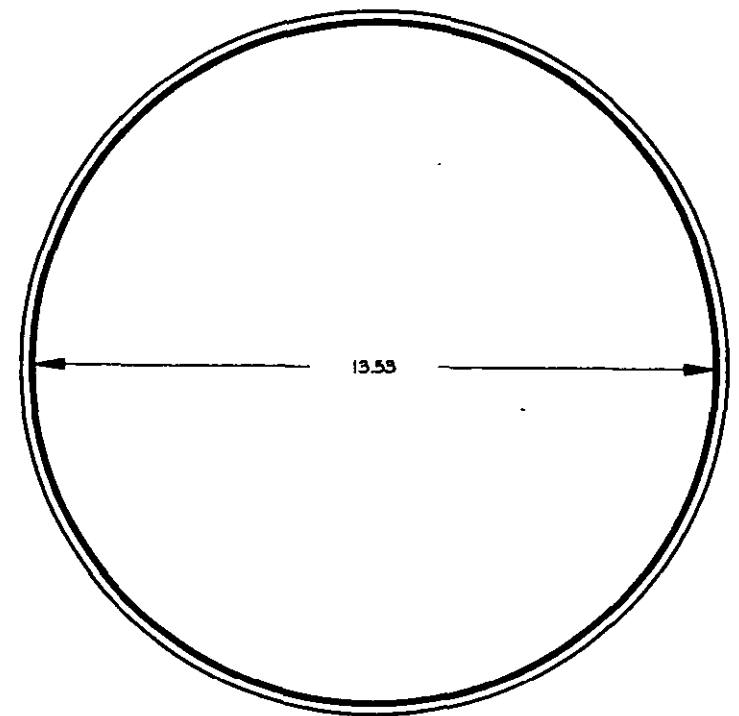
DETALLE I



VISTA LATERAL



DETALLE I



VISTA SUPERIOR

CAMISA.DWG

TESIS PROFESIONAL:
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"



ALUMNO:
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO:
FIG. 1.4 CAMISA DE LUCITA.
 NOTACIONES EN CENTIMETROS

1999

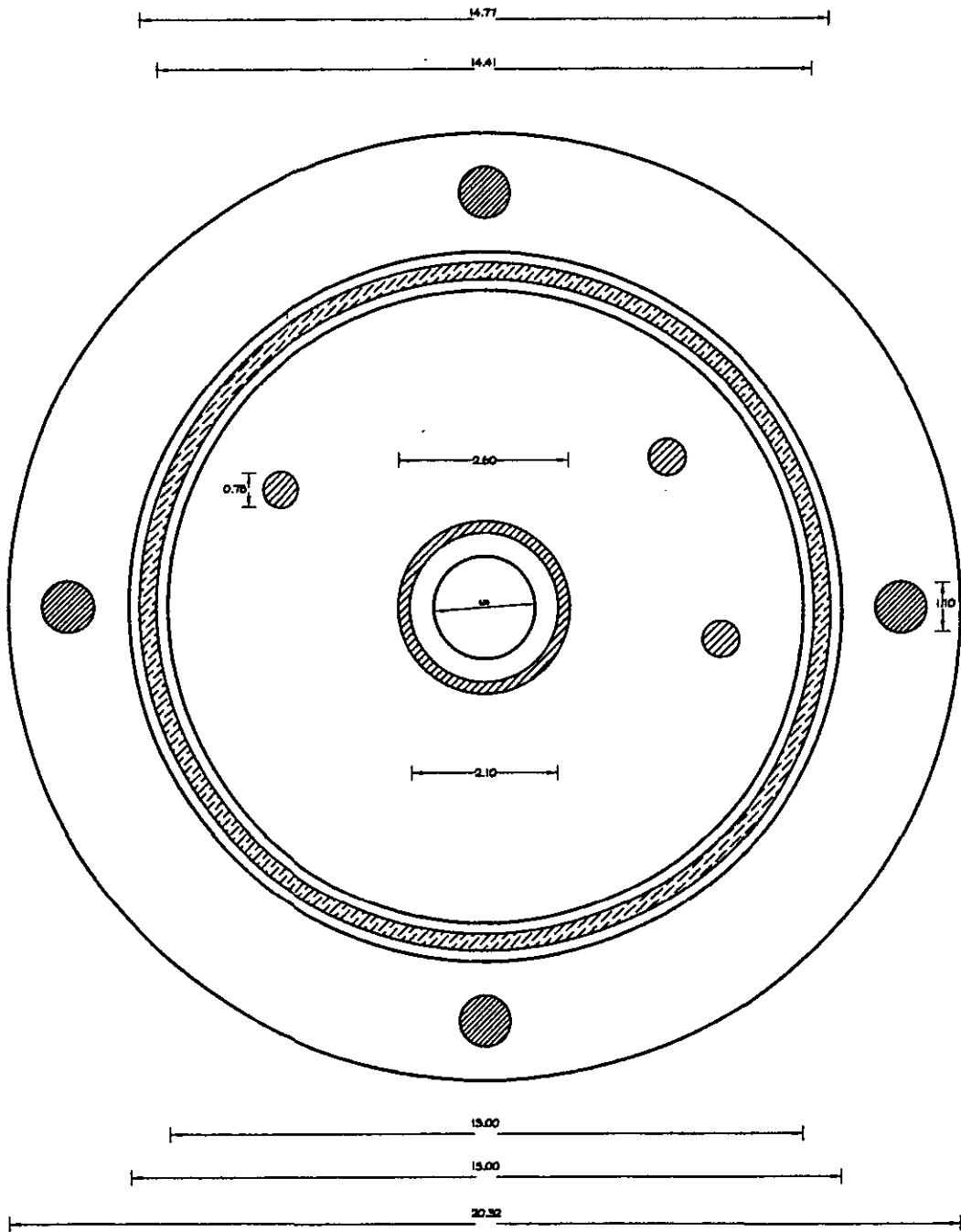
DISEÑADO: A.C.O.

DIBUJADO: A.C.O.

REVISOR:

FECHA: ABRIL / 99

C-01



BASE.DWG

TESIS PROFESIONAL:
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"



ALUMNO:
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO:
FIG. 1.5 BASE SUPERIOR
 NOTACIONES EN CENTIMETROS

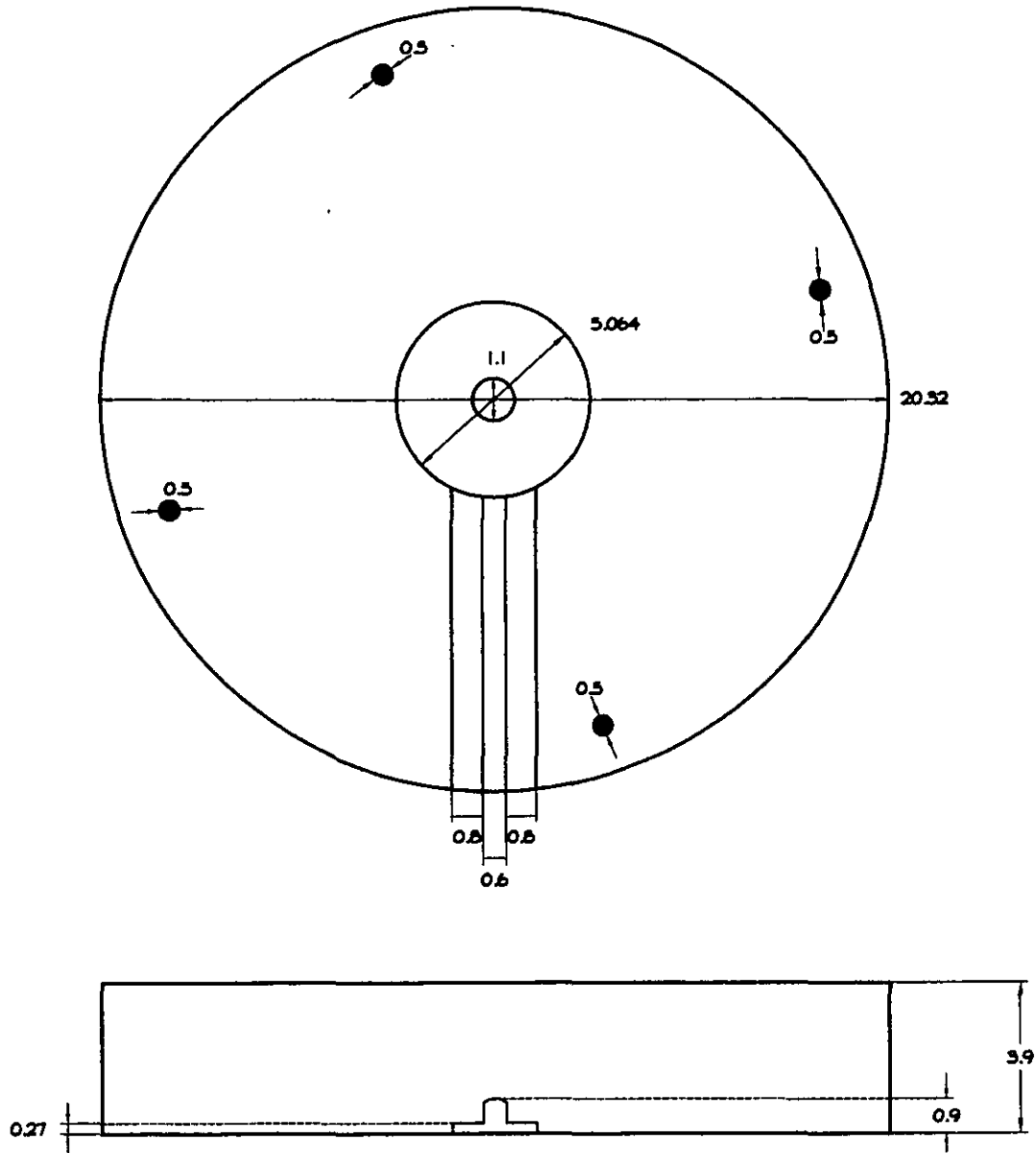
1999

CALCULO: A.C.O. DIBUJO: A.C.O.
 REVISO: A.C.O. FECHA: ABRIL / 99

REVISION:

▲	▲	▲	▲	▲

B-01



BASE1.DWG

TESIS PROFESIONAL:
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"



ALUMNO:
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO:
FIG. 1.6 BASE (INFERIOR)
 ACOTACIONES EN CENTIMETROS

1999

CALCULO: A.C.O. DISEÑO: A.C.O.
 REVISO: A.C.O. FECHA: ABRIL / 89

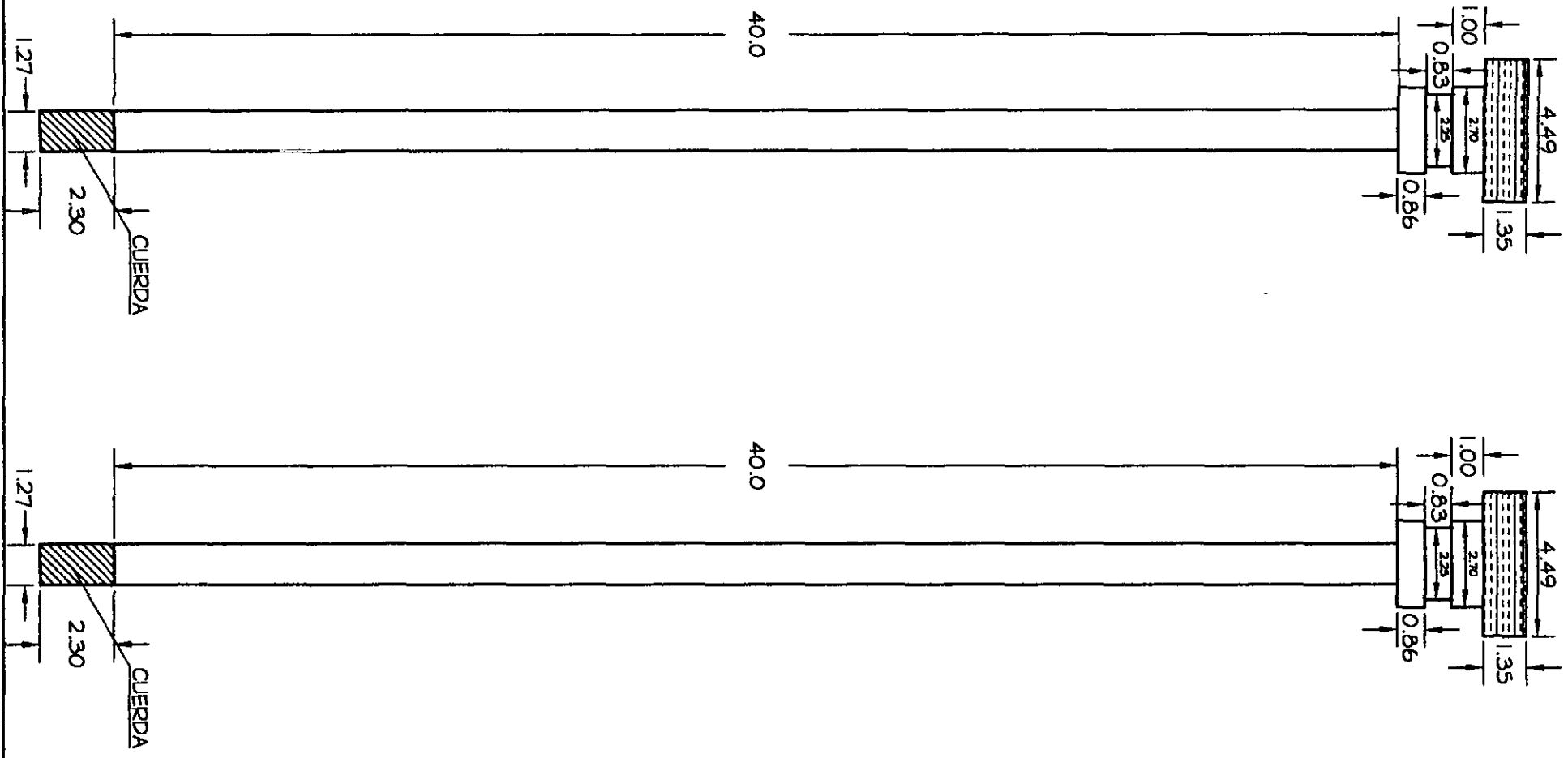
REVISION:

▲	▲	▲	▲	▲

 FECHA:

--	--	--	--	--

B-01



BARRA DMS

TESIS PROFESIONAL
"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CAMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA, MODELO FI-CTI-3610"



ALUMNO
ALEJANDRO CASTRO ORTEGA

CONTENIDO
FIG. 1.7 BARRA DE SELECCION ACCIONES EN CENTIMETROS

1999

<table border="1"> <tr><td>DISCULO A.C.G.</td><td>DISCULO A.C.G.</td></tr> <tr><td>REVISI: A.C.G.</td><td>FECHA: ABRIL / 00</td></tr> </table>	DISCULO A.C.G.	DISCULO A.C.G.	REVISI: A.C.G.	FECHA: ABRIL / 00	<table border="1"> <tr><td>REVISION</td><td>▲</td><td>▲</td><td>▲</td><td>▲</td><td>▲</td></tr> <tr><td>FECHA:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	REVISION	▲	▲	▲	▲	▲	FECHA:					
DISCULO A.C.G.	DISCULO A.C.G.																
REVISI: A.C.G.	FECHA: ABRIL / 00																
REVISION	▲	▲	▲	▲	▲												
FECHA:																	

B-01

y fijar la parte intermedia con los tornillos Allen). Se coloca la tapa superior del pistón doble, se atornilla y todo el conjunto a su vez a la tapa de la cámara. Quedando de esta manera armado el pistón de carga.

La camisa de los pistones tienen unas perforaciones por las cuales se introduce el aire a presión. Se puede hacer funcionar el sistema de pistones antes de su ajuste final, con objeto de asentar todo el conjunto y alinear los émbolos de los pistones.

Una vez que se tiene armado el sistema de los pistones en serie, éste se fija a la tapa superior de la C.T.I. Para llevar a cabo la unión entre la tapa de la cámara y el sistema de los pistones, se hace pasar el vástago por el buje de la tapa y la camisa del pistón, finalmente se atornilla. Para evitar fugas del fluido que se emplee como medio de confinamiento entre la tapa de la cámara y la cámara inferior del pistón inferior, recordemos que existen dos o-rings dentro y fuera del buje.

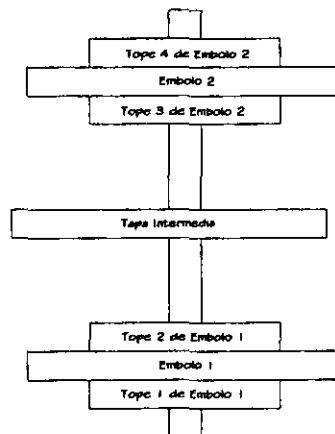


Fig. 1.5 Diagrama del armado del pistón en serie.

I.II.- SISTEMA DE CONFINAMIENTO.

El sistema de confinamiento es la cámara triaxial propiamente dicha. Consta de base, tapa y camisa. La camisa de la cámara es un tubo de lucita de 13.53 cm de diámetro y 38.735 cm de altura.

Una vez preparada la probeta, la camisa se asienta sobre la base de la cámara en una caja con un o-ring. Para colocar la tapa de la cámara triaxial se debe guiar con las 4 barras de conexión que unen la base y la tapa de la cámara, buscando que las barras atraviesen las perforaciones que posee la tapa de la cámara y se procede a bajar ésta, haciéndola girar antes de que se asiente sobre la

camisa, esto con el objeto de que la barras de conexión coincidan con la cuerda hecha en la base de la cámara y se puedan atomillar en forma vertical. Previamente, en la cara interna de la tapa se coloca un o-ring en el canal previsto para tal efecto, que impide la fuga del fluido de confinamiento.

I.III.- EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN.

La respuesta que se tiene por parte de la probeta, montada en la C.T.I., es monitoreada por una variedad de instrumentos según su uso y aplicación. Además se cuenta con indicadores de proceso digital para el DCDT y los transductores de presión (marca Druck y Trans-Tek).

Los transductores con los que cuenta la CTI son de un tamaño adecuado y cuenta con las especificaciones necesarias de acuerdo a las condiciones a las cuales será sometido el espécimen. Para un monitoreo continuo el transductor cuenta con una frecuencia adecuada de respuesta y la señal eléctrica es adquirida por los Smart Links.

I.IV.- EQUIPO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.

Una línea típica de salida de un sistema de adquisición de datos es mostrado en la Fig. 1.6. Muchos de los módulos requeridos para dichos sistemas, incluyendo la adquisición de datos y el programa de control, están comercialmente disponibles. Los manuales de dichos sistemas son provistos de manera gratuita y explicando de una manera razonable la introducción de adquisición de datos.

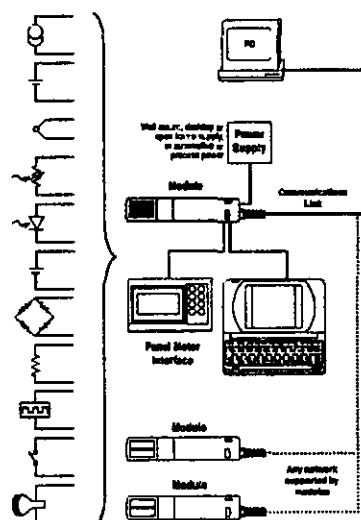


Fig. 1.6 Diagrama del sistema de adquisición de datos.

Los requerimientos del sistema de adquisición de datos para la C.T.I fueron altos para cumplir con las expectativas del equipo y realizar pruebas estáticas en una primera fase y cíclicas en la segunda

fase, por lo que el sistema que se adquirió maneja soluciones de medición inteligente. El sistema es usado para la adquisición de datos de cinco transductores (3 usados en la medición de presión, 1 para el desplazamiento y el quinto para la medición de la fuerza). Los dispositivos del SAD (Sistema de Adquisición de datos) ofrecen una alta capacidad de procesamiento de señales diseñado para incrementar el sistema, reduciendo el postproceso en la computadora central. Los algoritmos de las siguientes funciones son fácilmente configurables y estandarizados en cada SmartLink.

Las características y ventajas de los SmartLink son las siguientes:

1. Cuenta con una plataforma flexible y múltiple de entrada de datos.
 - Con 3 o 6 canales por instrumento.
 - Combina diferentes tipos de señales, con un modelo para cada caso.
 - Reemplaza módulos condicionantes de señales múltiples con un SmartLink.

2. Conexión directa de sensores y señales complejas.
 - Selección de señales de excitación.
 - No requiere de hardware adicional.

3. El programa integra fácilmente aplicaciones en común.
 - Provee programas como el LabView, RSView, Génesis y otros para la operación de la conexión y medida.
 - Utilidades de configuración.

4. Con los programas se pueden realizar:
 - Medidas más precisas y de alta calidad.
 - Proceso de control estadístico.

5. Capacidad de proceso de alta velocidad.
 - Adquisición de datos arriba de 33 kHz.
 - Almacenamiento de más de 15 mil lecturas.
 - Solución de grandes problemas de aplicación.

6. Todos los instrumentos incluyen un puerto de comunicaciones local.
 - Instalación local y búsqueda de errores.
 - Diagnóstico completo de errores para el sistema de arranque.

II.- SISTEMAS DE CONTROL.

II.1.- SISTEMA DE PRESIÓN CONFINANTE Y CONTRAPRESIÓN.

Sistema Neumático (Medición de presión confinante).

El sistema neumático de la CTI lo forman un regulador con su manómetro, válvula de 3 posiciones que controla la dirección del aire, vaso de policarbonato y el tanque con agua para el llenado de la cámara. Sus funciones son: dar presión confinante al espécimen de suelo a través de la aplicación de presión de aire al vaso. La otra función es el aplicarle presión al tanque con agua para que ésta pueda subir y surtir de agua a la cámara triaxial y al vaso de policarbonato. Estas funciones son controladas en el tablero de control donde se encuentra este sistema.

El aire a presión se envía al tablero mediante una manguera de 1/4" hacia el regulador, esto es la presión de alimentación, con el regulador se obtiene la presión deseada, esta presión se conduce hacia la válvula de tres posiciones que controla la dirección del aire; en su posición neutral (cerrada), se dirige la presión al tanque de agua, para que ésta pueda llenar, abriendo las válvulas correspondientes, a la cámara triaxial y al vaso de policarbonato, logrando lo anterior se regresa la válvula a la posición neutral y se baja la presión del regulador a cero. El tanque de agua tiene una válvula de alivio para liberar la presión sin afectar el regulador y el manómetro.

Para aplicar presión confinante, se regula nuevamente la presión deseada, esta se va a la válvula de tres posiciones y se dirige al vaso de policarbonato, que sirve de interfase entre aire a presión y agua, abriendo las válvulas indicadas, la presión del vaso se aplicará al espécimen que se encuentra en la cámara triaxial mediante el fluido confinante. En otros equipos se utiliza una interfase formada por aire, membrana de látex y agua. El valor de la presión confinante es registrada por un transductor de presión.

Sistema de drenaje y contrapresión.

El sistema de drenaje consta de dos válvulas y una bureta. A través de las válvulas y la bureta se hace llegar agua a la muestra de suelo y saturarla solo por capilaridad, así mismo este sistema sirve para posteriormente captar el agua expulsada por el fenómeno de consolidación.

En lo que respecta al sistema de contrapresión, éste consta de un regulador con su manómetro que registra la presión que se le aplica al agua de la bureta que esta en contacto con el agua de la

muestra de suelo, esta presión está en función de la profundidad a la que se encuentra el suelo, a la ubicación de NAF y debe ser menor al esfuerzo confinante.

Sistema de Vacío.

Este sistema esta formado por una bomba de vacío, los ductos para hacer llegar la presión negativa hasta la cámara y los vacuómetros para medir la cantidad de vacío que se aplica al sistema.

El sistema comienza con la activación de la bomba, la presión negativa llega al vacuómetro. El vacío viaja a través de la instalación llegando al sistema de cambio volumétrico. Antes de que el vacío llegue a la cámara se encuentra un vacuómetro y una válvula de paso para regular el vacío que se necesite. Este sistema cumple las siguientes funciones:

1. En general para saturar el sistema de cambios volumétricos, es circulando agua en todo el sistema.
2. En el caso de montaje de probetas de arena es el de mantener unida la membrana de látex al molde partido en el momento de montar las probetas.
Mantener la verticalidad de la muestra de arena en el momento de quitar el molde y conservar la compacidad relativa de la muestra.
Armar todo el equipo hasta el momento de aplicar un pequeño esfuerzo confinante.
3. Saturar la muestra de suelo cohesivo o friccionante, al aplicar vacío en la parte superior.

Las funciones anteriores se realizan solo al ensayar probetas de arena ya que sólo estas requieren éste sistema. La forma de cómo se llevan a cabo las funciones anteriores se explica posteriormente en el capítulo referente a montaje de la probeta de suelo.

Sistema Eléctrico.

Al sistema de instrumentación (eléctrico) que se encuentra en la CTI esta constituido por cinco transductores; tres son para presión, uno para desplazamiento y el último para registrar las cargas. El transductor de desplazamiento registra la deformación que sufre el espécimen, mientras que los transductores de presión nos proporcionan el valor de la presión confinante y de la presión de poro (contrapresión) que se genera en el espécimen de suelo a lo largo de toda la prueba. En este sistema para que los transductores puedan registrar la presión de poro, están colocados en el dren superior e inferior de la muestra de suelo. Esta presión la captan los transductores y a través

de una señal eléctrica que llega a los SmartLinks (Fig. II.1) se transforma en unidades de presión. La celda de carga por su parte registra la carga aplicada al espécimen (Fig. II.2).

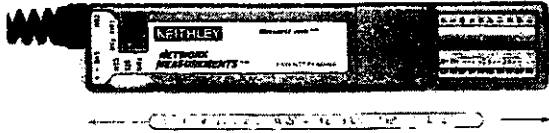


Fig. II.1 Sistema de Adquisición de Datos.

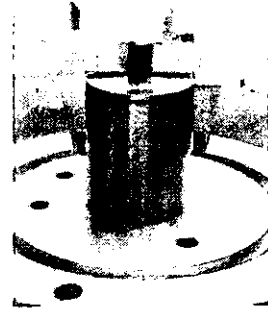


Fig. II.2 Celda de Carga

II.II.- SISTEMA DE SATURACIÓN.

Saturación del Equipo.

En un suelo con alto grado de saturación, cualquier tendencia de incremento de la presión de poro será mayor que un suelo con bajo grado de saturación. Por lo anterior es necesario que todas las líneas de tubería, válvulas y piedras porosas del conjunto deban llenarse con agua desaireada y destilada antes de comenzar la prueba, para impedir el paso del aire hacia el espécimen de suelo, el procedimiento anterior se conoce como saturación del equipo. Para lograr esto se procede de la siguiente manera:

1. Revisar que todas las válvulas estén cerradas y que no exista ninguna presión o vacío en el sistema.
2. Se llena el depósito con agua destilada y desaireada.
3. Se gira la válvula VTC-E para que el agua, por gravedad, empiece a circular por las mangueras hasta llegar al conjunto de válvulas.
4. Abrir la válvula VTC-D para que el agua llegue al depósito de circulación verificando que la válvula VTC-F se encuentre abierta hacia la atmósfera (vacío), una vez lleno el depósito (vaso de policarbonato) se cierra la válvula VTC-D.
5. Abrir la válvula VTC-G a la atmósfera y las válvulas VTC-C y VTC-B para que el agua llegue a la bureta hasta llenarla posteriormente cerrar las últimas dos válvulas.

6. Con los pasos anteriores, cierta cantidad de aire queda atrapado en el sistema donde esta ubicada la válvula VTC-A, para eliminarlos; se abre esta válvula y se cierra una vez que el aire ha salido.
7. Colocar una membrana corta de látex, con una altura de 2 cm en la base de la cámara, asegurándola con un o-ring.
8. Con el regulador R-2 incrementar la presión a un valor de 0.5 kg/cm^2 para circular el agua hacia los drenes.
9. Dirigir la válvula VTC-F hacia la contrapresión y abrir las válvulas VTC-D y VCT-B para que el agua circule hacia el dren inferior. Ya que salió cierta cantidad de agua, se cierran las válvulas VCT-B y VTC-D, la válvula VTC-F se gira a posición neutra, se conecta el sistema de vacío y se aplica éste al depósito de circulación, después las válvulas VTC-D y VCT-B se abren para que cambie el sentido de la circulación del agua. Este ciclo se repite en varias ocasiones con el fin de eliminar el aire dentro de este ducto.
10. Para saturar el dren superior, los pasos a seguir son iguales que en el dren inferior, corrigiendo algunas válvulas, en el paso 9 abrir VTC-D, VTC-C en vez de VTC-B y VCT-D, el procedimiento se repite varias veces al igual que en el dren inferior.
11. Para eliminar el aire atrapado entre el depósito de circulación y la bureta, se aplica presión al depósito de circulación girando la válvula VTC-F, se abren las válvulas VTC-D, VTC-C y VTC-B hasta casi llenar la bureta, se cierra la válvula VTC-F, la válvula VTC-G se gira para que la presión entre a la bureta, se abre la válvula VTC-C para que el agua circule al lado contrario. Este ciclo se repite varias veces hasta que las burbujas que salgan del sistema y sean nulas.

Saturación de la probeta.

Una vez montado el espécimen de suelo por saturar, sea arcilla o arena se debe circular agua para eliminar el aire atrapado por la muestra y por el procedimiento de montaje. En ambos casos, sea arcilla o arena, se aplica un esfuerzo confinante de 0.2 kg/cm^2 , para ello se procede de la siguiente forma.

- Con el regulador uno se aplica la presión de 0.2 kg/cm^2 , se gira la válvula VTL-A hacia la posición de la cámara triaxial, se abre la válvula VTL-B y la válvula VCT-C para aplicar dicho esfuerzo a la probeta.
- Verificar que la válvula VTC-C esté cerrada para hacer independientes los drenes.
- Se aplica una presión de 0.1 kg/cm^2 al depósito de circulación, se abre la válvula VTC-D y la válvula VCT-B para que el agua entre por el dren inferior.

- Se abren las válvulas en el siguiente orden; VCT-A y VTC-A. Se observa un ligero goteo, que es el agua que circula a través de la muestra.

Para observar el grado de saturación que la muestra de suelo ha alcanzado al ir circulando el agua, se procede de la siguiente manera:

- Se cierra la válvula VCT-C.
- Se incrementa la presión confinante de 0.1 kg/cm² a 0.3 kg/cm² o bien otro valor, según el criterio del operador.
- Se cierran los drenes superior e inferior; válvula VCT-B y VCT-A.
- Se abre la válvula VCT-C y se mide el cambio de la presión de poro, dato registrado en el transductor de presión.
- Al conocer $\Delta\sigma_c$ y ΔU se puede medir el B de Skempton como sigue:

$$B = \Delta\sigma_c / \Delta U$$

- El valor óptimo de B deberá de ser de 0.97 a 1.00.
- Una vez logrado lo anterior se procede a consolidar la probeta.

NOTA: Los procedimientos aquí descritos son aplicados a un panel de control que se utilizo como apoyo para ejecutar un programa de pruebas rápido y evitar la continuidad del programa por los problemas universitarios de los años 1999 y 2000.

II.III.- SISTEMA DE PRESIÓN PARA LA CARGA AXIAL

Este sistema se compone de dos reguladores R3 y R4, manómetros M-3 y m4, y seis válvulas V-20 a V-25. La presión regulada por R-3 o R4 se verifica en su valor con los manómetros M-3 o M-4, respectivamente, el aire es conducido a la cámara superior o inferior, mediante las válvulas V-20 y V-23, de los pistones superior e inferior. Las válvulas siguientes antes de llegar a las cámaras de los pistones nos permiten alimentar de aire una de las dos cámaras en ambos pistones, según el movimiento elegido, mientras que la otra cámara se puede comunicar a la atmósfera.

El sistema de carga consiste de dos pistones, es indiferente cual de los dos trabaje en forma estática y/o dinámica. Para fines de este trabajo el pistón uno (superior) se utilizara para aplicar la carga estática y el dos (inferior) para la carga estática en caso de consolidación anisotrópica.

III.-SISTEMAS DE MEDICION Y ADQUISICION DE DATOS.**III.I.- MEDICION DE PRESION CONFINANTE.**

La presión confinante es medida con el manómetro M-1. Este manómetro se conecta al sistema de presión confinante a través de la válvula V-5 y V-6 que se encuentra localizada en la base de la cámara triaxial. El intervalo de medición del manómetro M-1 y de los demás equipos es de 0 a 14 kg/cm^2 . Estos manómetros se recomienda calibrarlos con frecuencia. También se puede verificar el valor de la presión de confinamiento mediante una columna de mercurio o con el transductor de presión conectado en la base de la C.T.I. (Fig. III. 1).

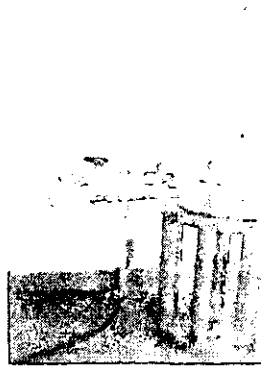


Fig. III. 1 Transductor de Presión conectado a la C.T.I.

III.II.- MEDICIÓN DE CONTRAPRESIÓN (PRESION DE PORO).

Para medir la presión de poro (contrapresión) se utilizan dos transductores de presión marca DRUCK (Fig. III.2) con un rango de rango de 0-14 kg/cm^2 , los cuales se localizan en la parte inferior de la base de la CTI. En la Fig. A-1 se encuentra la curva de calibración del transductor de presión.

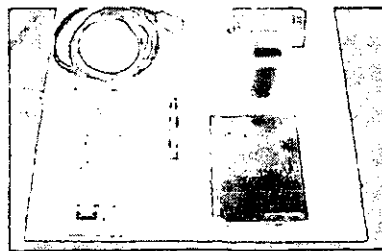


Fig. III.2 Transductor de Presión.

Para medir la presión de poro se deberán tener abiertas las válvulas V-16, V-18 y cerradas las válvulas V-15 y V-17. Cuando se tengan abiertas al mismo tiempo las válvulas V-13, V-15 y V-17, comunicando de esta manera los drenes inferior y superior del espécimen, la presión de poro corresponde a una condición media. Se puede medir la presión de poro de la parte superior o inferior de la probeta en forma independiente como se menciona en el párrafo anterior.

III.III.- MEDICIÓN DE LA FUERZA APLICADA A LA PROBETA.

El sistema de medición de la fuerza aplicada al espécimen consiste en una celda de carga sumergible marca OMEGADYNE (Fig III.3) modelo LCUW-250, la cual tiene una capacidad máxima para registrar tensión y compresión de 250 lb (113.3981 kg.). En el Apéndice A se encuentran las especificaciones de la celda, así como su calibración realizada con un marco de carga del Laboratorio de Mecánica de Suelos. Las calibraciones consistieron en realizar varios ciclos de carga y descarga monotónica, de diferentes magnitudes, para ver si existía algún problema de histéresis, Fig. A-2.



Fig. III.3 Celda de Carga Omegadyne.

Para poder registrar la carga se debe encender todo el equipo eléctrico (sistema de adquisición de datos y computadora), asegurándose que han hecho contacto los cabezales de la probeta (Plano 1). Ambas piezas unidas forman una caja circundada por un o-ring. En el instante en que ambas piezas hacen contacto quedan selladas por el o-ring y se forma la caja interior, la cual tiene comunicación a la atmósfera o al vacío por medio una válvula. Para lograr este acoplamiento se aplica presión a cualquiera de los dos pistones de carga provocando un movimiento hacia abajo para hacer contacto entre los cabezales de la probeta. Al movimiento de acoplar ambas partes la celda de carga registra una pequeña variación en la lectura. Para verificar si ambos cabezales están perfectamente acoplados, se abre una válvula y si se observa un flujo de agua continuo; el contacto no se ha hecho adecuadamente, entonces es necesario bajar y subir ligeramente el pistón. Una vez logrado el

contacto adecuado, se recomienda aplicar vacío a la caja de la tapa del espécimen para asegurar la unión entre las piezas.

III.IV.- MEDICIÓN DEL CAMBIO VOLUMÉTRICO DE LA PROBETA.

El sistema de medición del cambio volumétrico está formado por una bureta, un depósito de agua desaireada (Fig. III.4), un regulador de presión, un manómetro y válvulas. La capacidad de la bureta es entre 10-15 ml. La bureta esta colocada en el tablero y para detectar el cambio de volumen que se registra en ella, es por la variación del nivel de agua, a partir de la cual se conoce la variación del volumen.

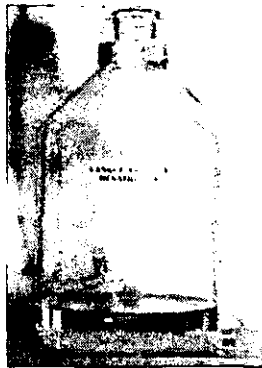


Fig. III.4 Depósito de agua desaireada.

III.V.- SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El sistema de adquisición de datos está formado por una tarjeta adquisidora marca B#B ELECTRONICS, modelo 3PXOCC2, que se localiza en el interior de la computadora. Esta tarjeta a través de un cable serial, recibe las señales analógicas provenientes de los equipos del grupo uno. Dichas señales pasan por módulos independientes entre sí, los cuales acondicionan la señal de respuesta de los equipos para obtener una entrada a la computadora variable entre ± 5 VCD. En la computadora se tienen cargados tres programas (NetAcq, TestPoint y el LabView) que ayudan a manejar todo el proceso de adquisición de datos. Estos programas permiten adquirir los datos del ensayo. El programa que se ha empleado más es el NetAcq, el cual se encuentra bajo una plataforma de Windows 95, que solamente con abrir el folder del programa se tiene acceso a este programa.

El programa NetAcq permite una configuración simple de cualquier instrumento SmartLink para comunicar con esta red particular. Todas las conexiones disponibles de la red pueden ser configuradas por una pantalla muy simple que muestra el programa. NetAcq provee cuenta de una función de gráficas de hasta cuatro instrumentos SmartLink. Una función de acercamiento y de vista general de los gráficos es disponible también en el paquete. El registro de los datos del disco también se encuentra disponible en pantalla.

Cuando se realiza un muestreo, los datos adquiridos por el programa se van almacenando en el disco duro o en un microdisco, según sea la opción que se elija. Los archivos así creados, se pueden procesar mediante programas convencionales, como Excel, Lotus, etc. De esta manera se pueden construir gráficas esfuerzo – deformación en condiciones estáticas o cíclicas.

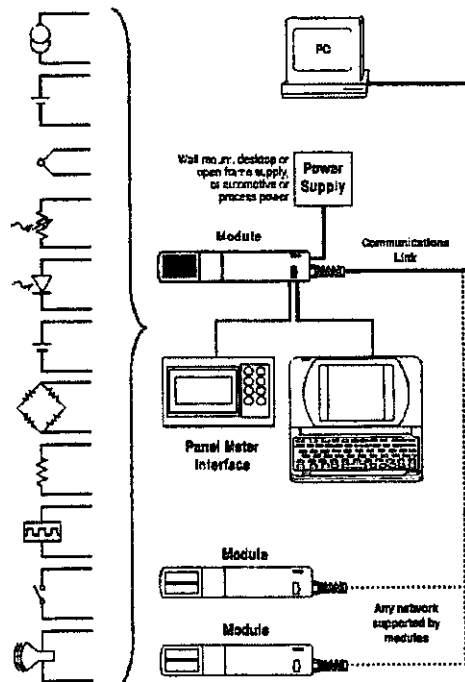


Fig. III.5 Diagrama del sistema de adquisición de datos.

IV.-PROCEDIMIENTO PARA ENSAYE TRIAXIAL ESTÁTICO.

IV.I.- PREPARACIÓN DEL EQUIPO TRIAXIAL

En los siguientes párrafos se describe, el procedimiento para la ejecución de ensayos estáticos o cíclicos, estos últimos como una segunda etapa del proyecto, en ambos casos la prueba es del tipo de esfuerzo controlado.

Primero se enciende la computadora (PC), ligada al sistema de adquisición de datos, a continuación se enciende la fuente de poder para el sistema de adquisición de datos (SAD), y por último las fuentes de alimentación para los transductores de fuerza, presión y desplazamiento. Antes de encender cualquier equipo se verificará que las conexiones de los equipos estén bien colocadas. Por ejemplo, que los conectores de la celda de carga estén bien puestos para asegurar que la conexión con la fuente de alimentación sea la correcta, de lo contrario el circuito puede estar abierto y no se registre la fuerza aplicada al espécimen. Es recomendable que estos equipos se enciendan antes de empezar el ensaye, así se asegura que el equipo no presente variaciones en su señal por cambio de temperatura interna de los mismos. El tiempo que recomiendan los constructores es de 30 a 45 minutos antes de hacer cualquier medición, aún así su uso puede ser continuo (24 hrs).

Se deben tener las calibraciones de los trasductores para así poder estimar la fuerza, el desplazamiento y las diferentes presiones que se van a tener al realizar un ensaye y, en función de ello, elegir las combinaciones de ganancias más adecuadas, obteniendo una mayor sensibilidad de los equipos, la elección de las ganancias es vía software.

Se debe verificar que el panel de control esté recibiendo una presión de 9 a 10 kg/cm², que el sistema de vacío esté en operación, y que el tanque de almacenamiento de agua desaireada y del agua de llenado, se encuentren en condiciones de operación. Siguiendo los pasos anteriores el equipo se encuentra listo para armar la cámara triaxial.

IV.II.- PREPARACIÓN Y MONTAJE DE LA PROBETA DE SUELO.

En Arena (Muestra Saturada).

Para el estudio de suelos granulares, existe el problema de la obtención de muestras representativas con las condiciones de campo, por lo que la formación de muestras se lleva a cabo en el laboratorio, a este tipo de muestras se les llama reconstituidas. Estas muestras presentan la dificultad de reproducir sus características como compacidad relativa, uniformidad, historia de

cargas, etc. Para las muestras formadas en el laboratorio solo es posible tener cierto control en la estructura (compacidad) y la uniformidad (tamaño de las partículas).

El material necesario para la elaboración de las probetas (Fig IV. 1) es el siguiente:

- Membrana de látex.
- 4 o-rings.
- Vernier.
- Filtros.
- Báscula.
- Arena.
- Bomba de vacío.
- Matraz de bola.
- Agua destilada.

El procedimiento que se sigue para elaborar y montar las probetas de arena se describe a continuación:

- Tomar la cantidad de material necesario para reproducir 4 probetas de acuerdo a la compacidad deseada, colocarlo en un matraz de bola y se agrega agua destilada posteriormente.
- Se coloca el matraz en un equipo para baño María y se inicia el desaireado.
- Saturado el equipo si es la opción a seguir, se coloca un papel filtro en la base de la probeta y la membrana de látex asegurándola con 2 o-rings.
- Se arma el molde partido envolviendo a la membrana, sin romperla y asegurando el molde con sus 4 tornillos, se colocan 2 o-ring en la parte superior del molde y el extremo superior de la membrana se dobla hacia afuera sobre el filo del borde superior del molde envolviendo a los dos o-rings.

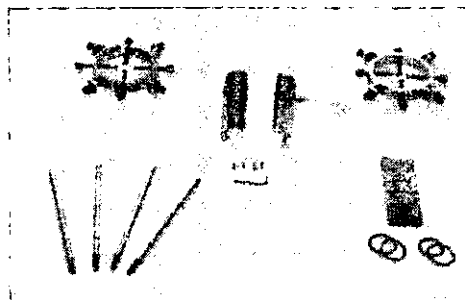


Fig. IV. 1 Equipo para elaborar probetas triaxiales.

- Se colocan las barras de soporte y la estrella de sujeción para darle verticalidad al molde.
- Se aplica vacío por el pivote del molde para que la membrana se destienda y adopte las dimensiones interiores del molde
- Verificar que todas las válvulas del sistema de cambio volumétricos y las de la cámara triaxial estén cerradas.
- El molde se llena con agua desaireada y destilada abriendo las siguientes válvulas TCV-E y la del dren inferior localizada en la cámara triaxial.
- Una vez lleno se cierran las válvulas anteriores.
- Se pesa el matraz con arena y agua desaireada.
- Se transfiere el material al molde, por desplazamiento volumétrico, hasta la marca donde irá el cabezal, se busca la compacidad relativa mediante la aplicación de vibración o golpes laterales en el molde por medio de una pieza de hule y/o vibrador, de acuerdo a pruebas preliminares.
- Una vez colocado el material en el molde colocar un papel filtro en la parte superior de la probeta antes de colocar el cabezal superior.
- Se coloca el cabezal dentro de la muestra, se desdobra la membrana nuevamente para sujetar con ella la tapa (dren superior) de la probeta y se colocan 2 o-rings.
- Se aplica tensión a la probeta para después retirar el molde, con esto se asegura la verticalidad de la probeta. La magnitud de la tensión (vacío) dependerá de la compacidad relativa.
- Se retira la estrella de sujeción, las barras de soporte y por último el molde.
- Una vez que se obtiene la probeta, tomar las medidas de los 3 diámetros (superior, medio e inferior) y tres alturas a cada 120°.
- Colocar la camisa y la tapa con pistón para después colocar las cuatro barras de sujeción de la cámara, posteriormente el vástago se hace bajar aplicando una pequeña presión de aire para lograr el contacto entre las dos piezas que forman el cabezal de la probeta. Este paso puede llevarse a cabo antes o después de aplicar una presión confinante.
- Se introduce agua a la cámara hasta que se llene en su totalidad y el vaso hasta la mitad de la altura de la probeta, esto se logra de la siguiente manera:
 - Con todas las válvulas cerradas, en el tablero lateral se acciona el regulador hasta obtener 2 kg/cm² de presión.
 - La válvula TPC-A se abre en dirección del tanque y la presión entra a éste.
 - Se abren las válvulas TPC-C y TPC-B para llenar el vaso de policarbonato hasta la mitad de la probeta, después se cierra la válvula TPC-B.
 - Se gira la válvula TPC-A hasta cerrarla, se baja la presión y se gira hacia la indicación de cámara triaxial.

- La válvula TCV-C se abre para llenar la cámara, una vez logrando esto se cierra esa válvula y se coloca el pivote o tapón en la parte superior de la cámara.
- Se cierra la válvula TPC-C y se abre la válvula del tanque a la atmósfera.
- Se aplica un esfuerzo confinante de 0.1 a 0.2 kg/cm² para sostener la probeta.
- Se cierra la válvula del dren inferior que conecta el vacío a la probeta.
- Se pesa el material que sobró dentro del matraz.

Muestra Seca.

El material necesario para la elaboración de las probetas es el siguiente:

- Membrana de látex.
- 4 o-rings.
- Vernier.
- 2 filtros.
- Báscula.
- Arena secada al horno.
- Bomba de vacío.
- Embudo.

Para realizar las probetas de arena seca se sigue el siguiente procedimiento:

- Obtener en peso la cantidad necesaria de arena, secada al horno, para reproducir una o varias probetas.
- Se coloca un papel filtro en la base de la probeta.
- Se coloca el extremo de una membrana de látex, cilíndrica abrazando la base de la probeta y se fija con dos o-rings.
- Colocar el molde partido en torno a la membrana, así como sus barras de soporte y la estrella de sujeción.
- Se colocan 2 o-rings que rodeen al molde y el extremo superior de la membrana se dobla hacia afuera sobre el filo del borde superior del molde.
- Aplicar vacío entre la membrana y el molde.
- Llenar el molde con el material de 8 a 10 capas aproximadamente compactando cada una de ellas con un pisón dejándolo caer desde una altura variable en función de la compacidad relativa deseada y después de haber hecho algunas probetas de prueba.
- La última capa, después de ser compactada debe quedar al ras de la marca donde va el cabezal, se coloca un papel filtro, posteriormente el cabezal y se deshace el doblado de la membrana colocando después los 2 o-rings abrazando la membrana y el cabezal.

- Se aplica tensión a la probeta en uno de sus drenes para mantener la verticalidad de la muestra.
- Quitar la estrella de sujeción, las barras de soporte y el molde partido para tomar las medidas de la probeta, sus tres diámetros (superior, medio e inferior) y tres alturas a cada 120°.
- Colocar la camisa y la tapa con pistón para después colocar las cuatro barras de sujeción de la cámara, posteriormente el vástago se hace bajar aplicando una pequeña presión de aire para lograr el contacto entre las dos piezas que forman el cabezal de la probeta. Este paso puede llevarse a cabo antes o después de aplicar una presión confinante.
- Se introduce agua a la cámara hasta que se llene en su totalidad y el vaso hasta la mitad de la altura de la probeta, esto se logra siguiendo los pasos señalados en el caso de una probeta saturada.
- Se aplica un esfuerzo confinante de 0.1 a 0.2 kg/cm² para sostener la probeta.
- Se cierra la válvula del dren inferior que conecta el vacío a la probeta.
- Se pesa el material que sobró.

En Arcilla.

El material a utilizar es:

- Membrana de látex.
- 4 o-rings.
- Vernier.
- Filtros.
- Rejilla de papel filtro.
- Báscula.
- Cilindro de plástico.
- Anillo de plástico.

Para la elaboración y montaje de las probetas de arcilla se sigue el procedimiento que a continuación se describe:

- Se prepara todo el material a utilizar, esta preparación se hace con el fin de ahorrar tiempo y que la probeta de suelo no pierda humedad; y consiste en colocar en el cilindro de plástico de 5 cm de diámetro y 10.5 cm de altura una membrana de látex con sus extremos doblados hacia afuera, se colocan los 4 o-rings en el anillo de plástico y se humedecen los filtros y la rejilla.
- Las probetas se obtienen de muestras de suelo que provienen de pozos a cielo abierto, de tubo shelby o de algún otro sistema de muestreo inalterado.
- Se corta un fragmento prismático de la muestra de suelo.

- Se labra el fragmento hasta formar un espécimen cilíndrico de 3.60 cm de diámetro 9 - 10 cm de altura aproximadamente.
- Se pesa y se mide su diámetro superior, medio e inferior y tres de sus alturas a cada 120°.
- En el cabezal inferior de la cámara se coloca un papel filtro y encima de éste se coloca la muestra de suelo.
- Se rodea la muestra de una rejilla de papel filtro, esto es para facilitar la saturación y la consolidación de la probeta.
- Se aplica vacío al cilindro de plástico para que la membrana se adhiera a éste y se coloca sobre la muestra de suelo cubriéndolo, se elimina el vacío, y la membrana se contrae en torno al espécimen, se deshacen sus dobleces y se retira el cilindro.
- Se colocan 2 o-rings en la base inferior (dren inferior) para sujetar la membrana.
- En el extremo superior del espécimen, la membrana se dobla hacia fuera sobre ésta para colocar un filtro y el cabezal superior (dren superior).
- Se desdobra la membrana y se asegura con dos o-rings.
- Colocar la camisa y la tapa con pistón para después colocar las cuatro barras de sujeción de la cámara, posteriormente el vástago se hace bajar aplicando una pequeña presión de aire para lograr el contacto entre las dos piezas que forman el cabezal de la probeta. Este paso puede llevarse a cabo antes o después de aplicar una presión confinante.
- Se introduce agua a la cámara hasta que se llene en su totalidad y el vaso hasta la mitad de la altura de la probeta, esto se logra como se indicó en el caso de la probeta de arena saturada.
- Se aplica el esfuerzo confinante deseado.

Nota: Para realizar los procedimientos antes mencionados en este subcapítulo, así como en los subsecuentes en donde hablamos de los diferentes tipos de pruebas triaxiales, se encuentran en las siguientes tablas los pasos a seguir para operar las válvulas conectadas al equipo de la Cámara Triaxial Instrumentada dependiendo de lo que se desee realizar.

Tabla No.	Contenido.
Tabla No. 1	Llenado de la Cámara Triaxial Instrumentada y aplicación del esfuerzo confinante.
Tabla No. 2	Saturación del sistema y saturación de la probeta.
Tabla No. 3	Medición del B de Skempton y Consolidación.
Tabla No. 4	Ensaye UU, ensaye CU, ensaye CD y Desmontaje.
Tabla No. 5	Aplicación de carga y contacto de cabezas.



TABLA No. 1.- LLENADO DE LA CÁMARA TRIAXIAL Y APLICACIÓN DEL ESFUERZO CONFINANTE.

- Checar que exista aire a presión en la línea principal.
- El tanque de reserva de agua debe estar lleno.
- Verificar las válvulas en el siguiente orden:

UBICACIÓN	REGULADOR MANÓMETRO	TRANSDUCTOR DE PRESION	VÁLVULA	LLENADO DE LA CTI Y APLICACIÓN DEL ESFUERZO CONFINANTE					
				1	2	3	4	5	6
TABLERO	R-1			S/P	C/P	S/P	S/P	S/P	C/P
TABLERO	M-1			0.000	1.5 / 2.0	0.000	0.000	0.000	0.100 ₁
C.T.I		TP-1		0.000	0.000	1.75 ₄	1.75 ₄	0.000 ₁	0.100 ₁
TABLERO			V-1	P.N.	P.T.A ₂	P.N. ₁	P.E.C. ₃	P.E.C. ₄	P.E.C.
TABLERO/TANQUE			V-2	Atm	P.T.A ₃	P.T.A ₃	P.T.A ₃	Atm	Atm
TABLERO			V-3	C	C	A ₃	A ₃	C ₁	C
TABLERO			V-4	C	C	C			A
C.T.I			V-5	C	C	A ₄			A
C.T.I			V-6	C	C	A ₅ ^a			A ₂
C.T.I	Tapón Swagelok		V-7	Atm	Atm	Atm			C
TANQUE			V-26	A	A	A	A	A	A

- A.- Abierta
- C.- Cerrada
- Atm.- Abierta a la atmosfera.
- 0.000 - Sin Lectura
- 0.000 - Sin Presión
- 0.000 - Sin indicar presión.
- T.A.- Tanque de Agua



Nota: La válvula V-7 puede ser cambiada por un tapón Swagelok.



TABLA No. 2.- SATURACION DEL SISTEMA Y SATURACION DE LA PROBETA.

UBICACIÓN	REGULADOR O MANOMETRO.	TRANSDUCTOR DE PRESION	VALVULA	1	2	3	4	5	6	7
Tablero	R-2			S/P	S/P	C/P ₇	C/P	C/P	C/P	S/P ₂
Tablero	M-2			0.000	0.000	0.50 _r	0.50	0.5	0.5	0.00 ₂
C.T.I.		TP-2		0.000	0.000	0.000	0	0.10 _s , 0.00 _t	-0.10 ₂ , 0.00 ₃	0
C.T.I.		TP-3		0.000	0.000	0.000	0	0.10 _g , 0.00 _g	-0.10 ₄ , 0.00 _g	0
Tablero			V-27	Vacio	Atm ₁	Vacio ₁₀	Vacio	Vacio	Vacio	Vacio
Tablero			V-8	Atm	Atm	Presión ₆	Atm ₁	Atm	Atm	Presión ₂
Tablero			V-9	Atm	Atm	Atm ₈	Presión ₂	Presión ₉	Vacio ₁	Presión ₃
Tablero			V-10	C	A/C ₈	A ₃	A	C ₁	C	A ₄
Tablero			V-11	C	A/C ₅	A ₄	A	A	A	A ₄
Tablero			V-12	C	A/C ₄	C	C/P	C	C	C
Tablero			V-13	C	A ₃	C ₂ A ₈ C ₉	A ₃ C ₄	A ₂	A	C ₁
Tablero			V-14	C	A ₂	C ₁	C/P		C	C
C.T.I.			V-15	C	A/C ₇	C	C/P	A ₃ /C ₄	A ₂ /C ₃	C
C.T.I.			V-16	A	A	A	A	A	A	A ₄
C.T.I.			V-17	C	A/C ₈	C	C	A ₃ /C ₈	A ₄ /C ₅	C
C.T.I.			V-18	A	A	A	A	A	A	A
Tablero	Vaso de Policarbonato.			Aceite Nivel inf.	Aceite Nivel 3/4) 5'	Aumenta Nivel 8'	Baja Nivel 3'	Baja Nivel 3'	Baja Nivel 3' 5'	
Tablero	Bureta			Aceite Nivel inf.	Aceite Nivel 3/4) 6'	Baja Nivel 8'	Aumenta Nivel 3'			
C.T.I.	Dren Superior		Dren Superior	Recipiente agua	Expulsa Agua) 7'			Expulsa Agua) 3'	Expulsa Agua) 3'	
C.T.I.	Dren Inferior		Dren Inferior	Recipiente agua	Expulsa Agua) 8'			Expulsa Agua) 5'	Expulsa Agua) 5'	

Con los pasos indicados en la tabla se deben de lograr los siguientes pasos:

- Purgar la línea principal.
- Llenar bureta y vaso.
- Circular a los drenes.
- Circular agua de la bureta al vaso.
- Estos dos pasos se pueden repetir para provocar flujo y contraflujo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

TABLA No. 3.- MEDICION DE B DE SKEMPTON Y CONSOLIDACION.

UBICACIÓN	REGULADOR O MANOMETRO.	TRANSDUCTOR DE PRESION	VALVULA	δ	MEDICION DE B DE SKEMPTON							CONSOLIDACION			
					9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Tablero	R-2			Nota 1	$CP_2 < \sigma_c$			CP				CP_8			
Tablero	M-2				0.200 g			0.200					0.450 g		
C.T.I.		TP-2			0.150 g	0.200 l'		0.200	0.200 g	0.440 l'		Nota 7		0.450 l'	Nota 10
C.T.I.		TP-3			0.200 g			0.200	0.200 g	0.440 l'		Nota 8		0.450 g	Nota 11
Tablero			V-27		V			V							
Tablero			V-8		Pre			Pre							
Tablero			V-9		Pre			Pre							
Tablero			V-10		A			A						C_3	A_4
Tablero			V-11		A			A						C_3	
Tablero			V-12		A_1/C_1	A_2/C_2		C						A_2/C_3	
Tablero			V-13		C			C						A_3	
Tablero			V-14		C			C							
C.T.I.			V-15		A_5	C_1		A	C_2			A_3		$C_1 A_7$	
C.T.I.			V-16		A			A				C_4/A_6		A	
C.T.I.			V-17		A_4			A	C_2			A_4		$C_2 A_8$	
C.T.I.			V-18		A			A				C_4/A_7		A	
Tablero	Vaso de Policarbonato.				Nota 2			Nota 5							
Tablero	Bureta				Nota 3	Nota 4								Baja el nivel 7	Nota 12
C.T.I.	Dren Superior		Dren Superior												
C.T.I.	Dren Inferior		Dren Inferior												

Nota 5

- Notas: 1.- Montaje de la probeta, proceso de llenado y aplicación del esfuerzo confinante.
 2.- Levanta a la altura indicada 3
 3.- Baja nivel 7
 Aumenta nivel 7
 4.- Baja el nivel 7
 5.- a) Se puede repetir el paso 9 y 10 cuantas veces sea necesario.
 b) Si el vaso se vacía se repite el 2do. Paso.
 6.- Nivel equilibrado con la bureta.
 7.- 0.200 g
 0.450 g

- 8.- 0.200 g
 0.450 g
 9.- En base al valor calculado de "B" se determina la continuidad en el proceso de saturación o bien se procede a la etapa de consolidación, si es prueba CU ó CD o a la falla cuando sea UU.
 10.- 0.900 g
 0.450 g
 11.- 0.900 g
 0.450 g
 12.- Tomar lecturas de bureta y micrometro g



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

TABLA No. 4.- ENSAYE UU, ENSAYE CU, ENSAYE CD Y DESMONTAJE

UBICACIÓN	REGULADOR O MANOMETRO.	TRANSDUCTOR DE PRESION	VALVULA	ENSAYE UU		ENSAYE CU			ENSAYE CD			DESMONTAJE		
				16	17	5/N	18	19	18	19	20	N	N+1	
Tablero	R-2					CP							5/P ₂	
Tablero	M-2					0.45							0.000 _p	
C.T.I.		TP-2		0.90 _p		0.450							0.000 _p	
C.T.I.		TP-3		0.90 _p		0.450							0.000 _p	
Tablero			V-27			V								
Tablero			V-8			Pre								
Tablero			V-9			Pre								
Tablero			V-10	C ₁		A								
Tablero			V-11	C ₂		C								
Tablero			V-12			C								
Tablero			V-13			A								
Tablero			V-14			C								
C.T.I.			V-15	C ₃		A	C ₁							
C.T.I.			V-16			A							C ₁	
C.T.I.			V-17	C ₄		A	C ₂							
C.T.I.			V-18			A							C ₂	
Tablero	Vaso de Policarbonato.													
Tablero	Bureta													
C.T.I.	Dren Superior		Dren Superior										Baja Nivel _p	
C.T.I.	Dren Inferior		Dren Inferior											

Nota 5

- Notas: 1.- Se procede a la falla, se aplica carga y se toma lectura de carga, deformación y presión de poro (2 canales).
 2.- Se prepara el equipo para aplicar carga y la PC para tomar datos de carga, deformación y presión de poro (Dren superior e Inferior)
 3.- Se verifica que el sistema de aplicación carga este listo.
 4.- Se prepara la PC para tomar los datos del equipo carga, deformación y presión de poro (2).
 La variación en la bureta es manual y se puede verificar su variación con las lecturas de la presión de poro por la columna de agua en la bureta.
 5.- Se alivia la presión del pistón para no dañar mas la probeta.
 6.- Se sube el pistón y se desarma el equipo.



TABLA No. 5.- APLICACION DE CARGA Y CONTACTO DE CABEZAS

UBICACIÓN	REGULADOR O MANÓMETRO.	TRANSDUCTOR P F D	VÁLVULA	1	2	3	FALLA	DES-MONTAJE	CONSOLIDACIÓN ANISOTRÓPICA			FALLA	
							4	5	6	4	5	6	
Tablero	R-3			S/F	CF ₂	CF	CF ₁	S/F ₃	CF ₁	CF	CF	CF	
Tablero	M-3			0.000	0.050	0.050	0.1 → 3.00 ₊	0.000	0.750	0.050	0.050	0.050	
Tablero	R-4			S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F	CF ₁	CF ₁	
Tablero	M-4			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	
Tablero		TF-1		0.000	0.002 _y	0.005	0.005 → 3.500 ₊	0.000 _y	-0.000 _y	0.005	0.025 _y	0.025 _y	
Tablero		TD-1		-X.XXX	-X.XXX	+4.513 ₁	+4.513 → -4.513	-X.XXX	+X.XXX ₊	+4.513	+4.131 _y	+4.675 ₁	
Tablero			V-20	N	P1 ₁	P1	P1	P2 ₄	P1	P1	P1	P1	
Tablero			V-21	Atm	Presión ₂	Presión	Presión	Presión	Presión	Presión	Presión	Presión	
Tablero			V-22	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	
Tablero			V-23	N	N	N	N	N	N	P1 ₁	P1 ₁	P1 ₁	
Tablero			V-24	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Presión ₂	Presión ₂	
Tablero			V-25	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	Atm	
C.T.I.			V-19	C	A ₄	A(Atm)	A(Atm)	A(Atm)	A(Atm)	A(Atm)	A(Atm)	A(Atm)	

Nota 1 Nota 2 Nota 3 Nota 4 Nota 5 Nota 6

P.- Presión.
F.- Fuerza.
D.- Desplazamiento.

- Notas: 1.- En el paso 3 se baja el pistón hasta lograr el contacto muy suave.
2.- Se ajusta manualmente el cuerpo exterior del DCDT hasta lograr una lectura adecuada y toda la carrera posible para el ensayo estático.
3.- Falla.
4.- Se cierran los drenes de ser necesario y se elimina la presión confinante.
5.- La presión de acuerdo a la calibración.
6.- Alcanzado el 100% de la consolidación primaria.

La probeta se encuentra montada, la cámara triaxial armada y con un esfuerzo confinante aplicado ($\sigma_c = 0.25 \text{ kg/cm}^2$)

La válvula 20 y 23 es una válvula de tres posiciones:

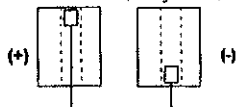
- N.- Neutro (cerrado).
P₁- Cámara superior (Pistón baja).
P₂- Cámara inferior (Pistón sube).

En la revisión (10) el cuerpo exterior del DCDT está libre y por lo tanto tenemos una lectura no válida (X.XXX).

El tener doble pistón nos da la oportunidad de poseer un doble sistema de carga, de acuerdo al diseño del equipo con un pistón es suficiente ya que la función del segundo de los pistones es para aplicar carga cíclica o un esfuerzo para una consolidación anisotrópica o cualquier otro tipo en la relación de esfuerzos de acuerdo al ensayo deseado.

Para el DCDT hay que recordar que habrá lecturas negativas y positivas de acuerdo a la posición del núcleo con respecto al cuerpo exterior. Para la tabla que se muestra se hace la siguiente consideración:

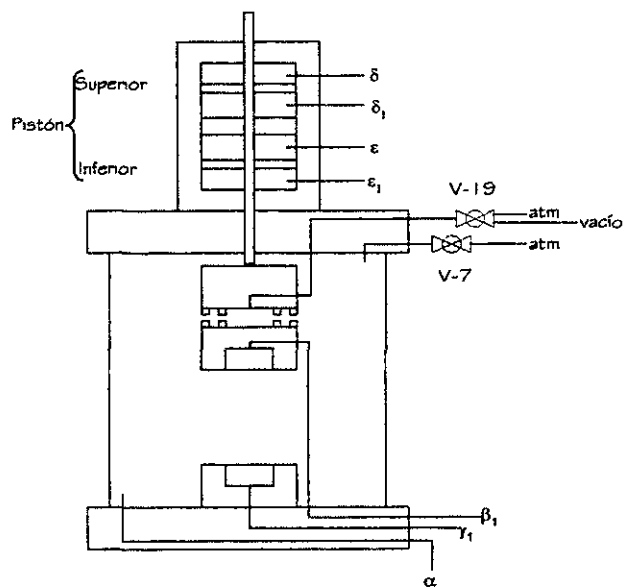
TIPO DE SEÑAL (Voltaje o mm)



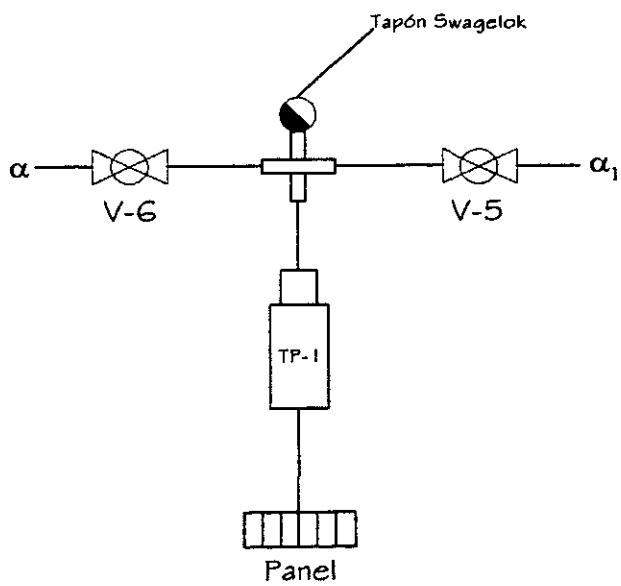
CF Al aplicar la presión al pistón, en su cámara superior, debe ser de manera escalonada ya que se debe vencer la poca fricción del pistón pero no bajar bruscamente para hacer contacto con la probeta, por un posible daño a la misma.

A₄ Al abrir la V-19 a la atmósfera o con la opción a vacío, se genera un diferencial de presión dentro de una pequeña cámara aireada por los dos cabezales y sellada por el o-ring y la presión confinante.

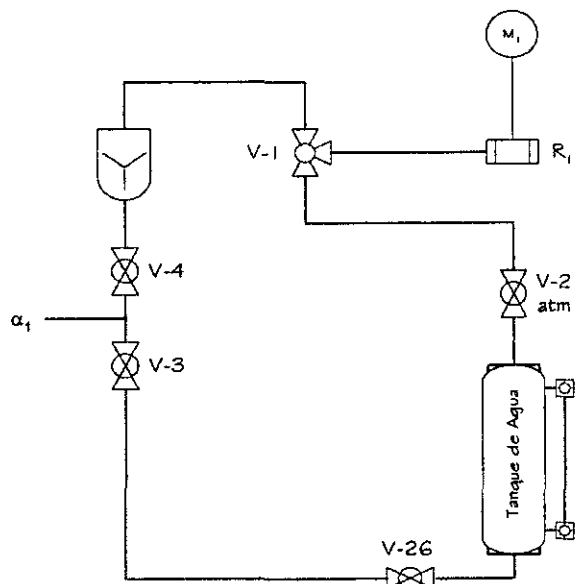
Se debe de tener una calibración de los pistones, de tal manera que sepamos la relación entre presión aplicada a los pistones superior o inferior, y la carga registrada por la célula de carga para así conocer el esfuerzo aplicado a la probeta y conocer la relación entre los esfuerzos σ_1 y σ_3 durante la consolidación anisotrópica o la etapa de falla.



Cámara Triaxial Instrumentada

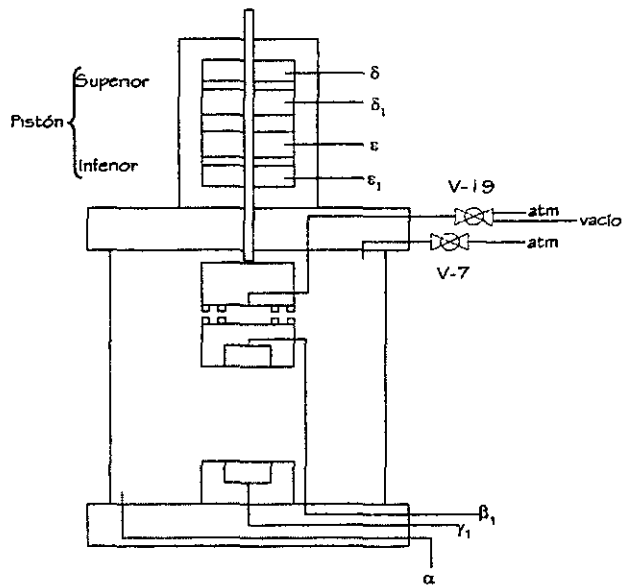


Presión Confinante de la Cámara

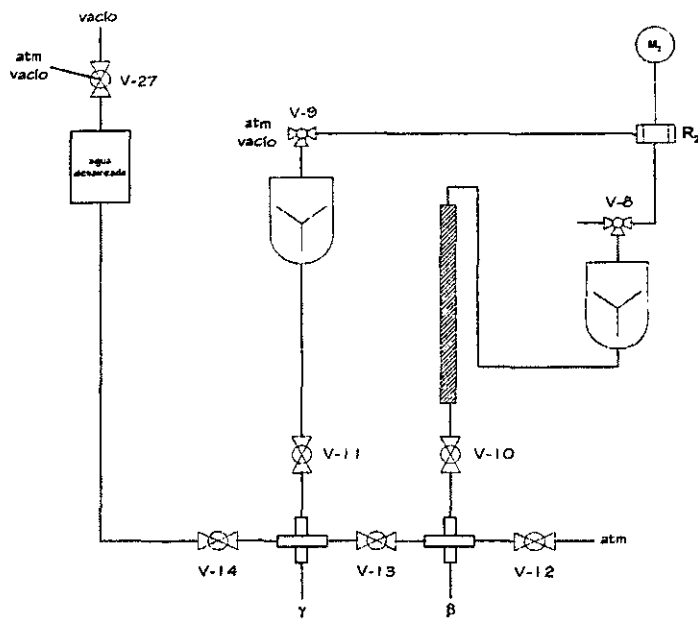


Panel de Presión Confinante.

Fig. IV.1.1 Esquema del Panel de Controles

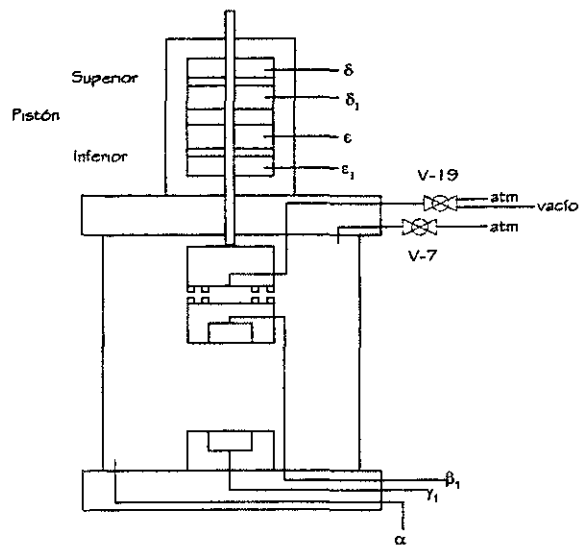


Cámara Triaxial Instrumentada

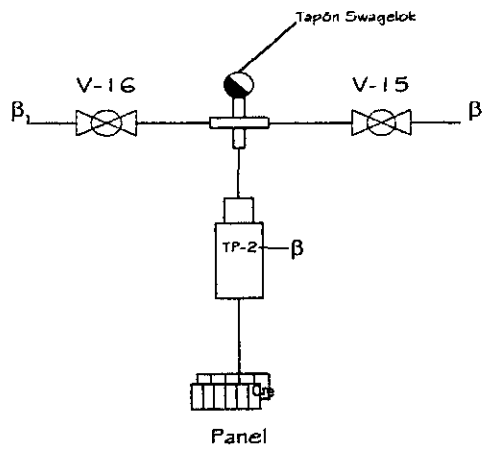


Panel de Contrapresión

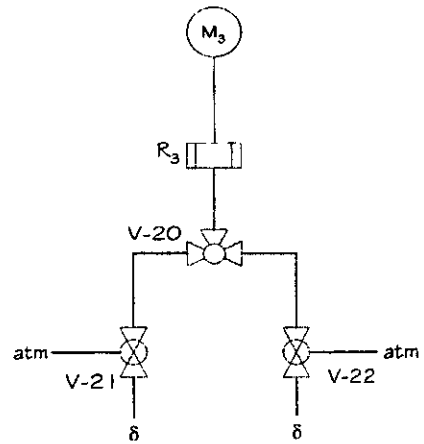
Fig. IV.1.2 Esquema del Panel de Control



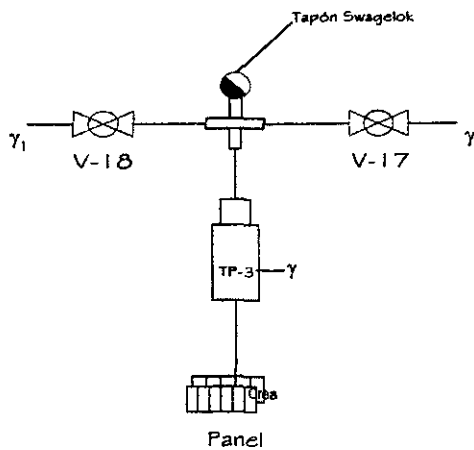
Cámara Triaxial Instrumentada



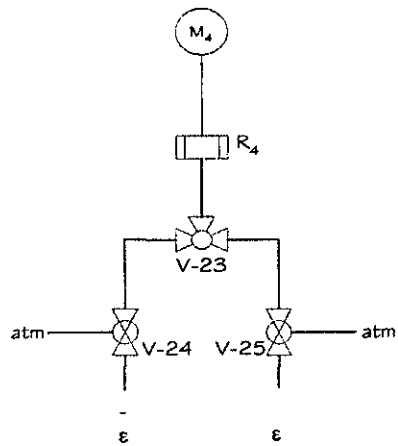
Contrapresión de la Cámara - Dren Superior



Pistón Superior



Contrapresión de la Cámara - Dren Inferior



Pistón Inferior

Fig. IV.1.3 Esquema del Panel de Controles

Se debe tomar en cuenta que la aplicación y uso de estas tablas ocasiona una interrelación ya que se puede dar el caso de terminar una fase del ensaye Triaxial y tener una o mas opciones para realizar las fases finales.

IV.III.- ENSAYE TRIAXIAL TIPO: q_u , UU, CU, CD.

Prueba de Compresión Simple (Compresión No Confinada).

El esfuerzo cortante de un suelo puede ser dada por el criterio de falla de Mohr - Coulomb:

$$s = \tau = c + \sigma \tan \phi$$

donde:

s = Esfuerzo cortante (shear strength)

c = Cohesión.

σ = Esfuerzo normal.

ϕ = Ángulo de fricción.

Para pruebas no drenadas – no confinadas en suelos arcillosos saturados (se sabe que $\phi = 0$).

$$s = C_u$$

donde:

C_u = Cohesión no drenada (o Esfuerzo Cortante no drenado).

La prueba de compresión simple es un método rápido para determinar el valor de C_u para un suelo arcilloso. La fuerza cortante no confinada es dada por la relación:

$$C_u = \frac{q_u}{2}$$

donde:

q_u = Esfuerzo de compresión no confinado.

El esfuerzo de compresión no confinado es determinado por la aplicación de un esfuerzo axial a un espécimen de suelo cilíndrico sin presión confinante y observando la deformación axial correspondiente a varios niveles de esfuerzo. El esfuerzo al cual ocurre la falla del espécimen de suelo es referido al esfuerzo de compresión no confinado (Fig. IV.2). Para especímenes de arcilla saturada, el esfuerzo de compresión no confinado decrece con el incremento de contenido de humedad. Para suelos insaturados, manteniendo el peso volumétrico seco constante y el volumen

constante, la fuerza de compresión no confinada decrece con el incremento en el grado de saturación.

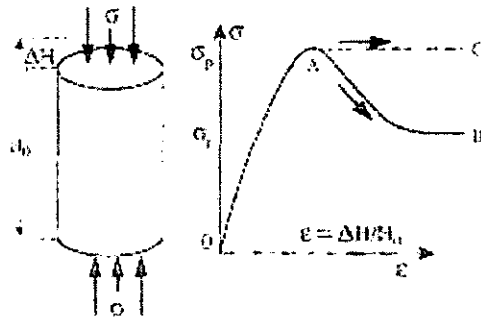


Fig. IV. 2 Definición de esfuerzo de compresión no confinado.

Equipo.

1. Dispositivo de prueba de compresión simple (Esta prueba no se clasifica como una triaxial, pero se puede realizar en una cámara triaxial).
2. Espécimen labrado y accesorios (cuando se utiliza material de una muestra cúbica o de tubo Shelby).
3. Dispositivo de compactación Harvard miniatura y accesorios (sí el espécimen será reproducido).
4. Vernier.
5. Balanza con sensibilidad de 0.01 g
6. Horno.
7. Plato de evaporación de porcelana.

Procedimiento.

1. Obtención del espécimen de suelo para la prueba. Un espécimen de suelo inalterado, tiene que ser labrado para el tamaño propuesto. El espécimen cilíndrico puede tener una relación altura - diámetro (L/D) de 2 a 3. En general, los especímenes tienen un diámetro de 3.60 cm y una altura de 9.0 cm.
2. Obtener la medida del diámetro (D), la longitud (L) y la determinación del peso del espécimen.
3. Colocar el espécimen en el cabezal de la base inferior de la cámara triaxial en posición vertical, con ayuda de un tubo de plástico se coloca la membrana de látex, posteriormente con un anillo de plástico se colocan los o-rings que lo sujetarán.
4. Se verifica que la probeta este centrada.

5. Se coloca el tubo de lucita sobre el empaque de la base de acero de la cámara y se pone la tapa teniendo precaución de levantar el vástago para no tocar la probeta.
6. Se cierra herméticamente la cámara, ajustando los tornillos de que está provista, que ambas placas queden paralelas (tapa y base).
7. Durante la aplicación de la carga, el valor de la deformación vertical se ajusta a valores entre 0.5% a 2% por minuto con respecto a la altura inicial. En la etapa inicial de la prueba, las lecturas son usualmente tomadas cada 0.254 mm de deformación del espécimen. De cualquier manera esto puede ser variado a 0.508 mm de deformación del espécimen hasta la última etapa de la prueba, cuando la curva de deformación - carga deja de ser una línea recta.
8. Tomar lecturas hasta que:
 - La carga alcance el máximo y luego disminuya; o
 - La carga alcance el máximo valor y permanezca aproximadamente constante (tomar cerca de 5 lecturas después de que alcance el máximo valor); o
 - La deformación del espécimen es superior al 20% de la deformación antes de alcanzar el valor máximo de la carga. Esto sucede en algunas arcillas suaves (Fig. IV.3).
9. Descargar el espécimen de la presión a la que fue sometida.
10. Remover el espécimen de la cámara triaxial.
11. Dibujar a mano alzada el espécimen después de la falla. Mostrando la falla natural.
12. Colocar el espécimen en un recipiente de vidrio (pyrex) y determinar el contenido de humedad (después de secarlo al horno y con el peso constante).



Fig. IV.3 Especimen de suelo después de la prueba.

Calculo.

Para cada par de lecturas (referirse a la tabla IV.1):

1. Calcular la deformación vertical (Columna 2).

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$$

donde:

Δh = Deformación vertical total del espécimen.

h_0 = Longitud original del espécimen.

2. Calcular la carga vertical en el espécimen (Columna 4).

Carga = (Lectura provista por el anillo, Columna 3) x (Factor de calibración)

3. Calcular el área corregida del espécimen (Columna 5).

$$A_{cor} = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

donde:

A_0 = Area inicial de la sección transversal del espécimen = $\frac{\pi}{4} D_0^2$

4. Calcular el esfuerzo σ , en el espécimen (Columna 6).

$$\sigma = \frac{P}{A_{cor}} = \frac{\text{Columna 4}}{\text{Columna 5}}$$

Gráfica.

Dibujar la gráfica de esfuerzo, σ (Columna 6), contra deformación axial, ε , en porcentaje (Columna 2 x 100). Determinar el punto de esfuerzo máximo de la gráfica. Este es el esfuerzo de compresión no confinado, q_u , del espécimen.

Nota: Si el 20% de deformación ocurre antes del punto máximo de esfuerzo, este esfuerzo corresponde al 20% de deformación que puede ser tomado por q_u .

Un ejemplo del cálculo en conjunto con su gráfica son mostrados en la Tabla IV.1 y la Gráfica IV.1.

Comentarios Generales.

1. En la determinación del esfuerzo de compresión no confinado (compresión - simple), es conveniente hacer la prueba a dos o tres especímenes idénticos, con el fin de determinar el valor de q_u representativo que será el promedio de estos.
2. Basado en el valor de q_u , la consistencia de los suelos cohesivos es el siguiente:

Consistencia.	q_u (kg/cm ²)
Muy Suave.	0 - 0.244
Suave.	0.244 - 0.488
Mediana.	0.488 - 0.976
Dura.	0.976 - 1.952
Muy dura.	1.952 - 3.906

3. Para muchos depósitos naturales de suelos arcillosos, la fuerza de compresión no confinada es enormemente reducida cuando el suelo es sometido a la prueba después de remoldeado sin que cambie el contenido de humedad. Esto es referido a la sensibilidad y puede ser definido:

$$S_t = \frac{q_{U(\text{inalterado})}}{q_{U(\text{remoldeado})}}$$

La sensibilidad de la gran mayoría de las arcillas tienen un rango de 1 a 8. Basados en la magnitud de S_t , las arcillas pueden ser descritas de la siguiente manera:

Sensibilidad, S_t	Descripción.
1 - 2	Ligeramente sensitiva.
2 - 4	Medianamente sensitiva.
4 - 8	Muy Sensitiva.
8 - 16	Ligeramente movediza.
16 - 32	Medianamente movediza.
32 - 64	Muy movediza.
> 64	Extra movediza.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

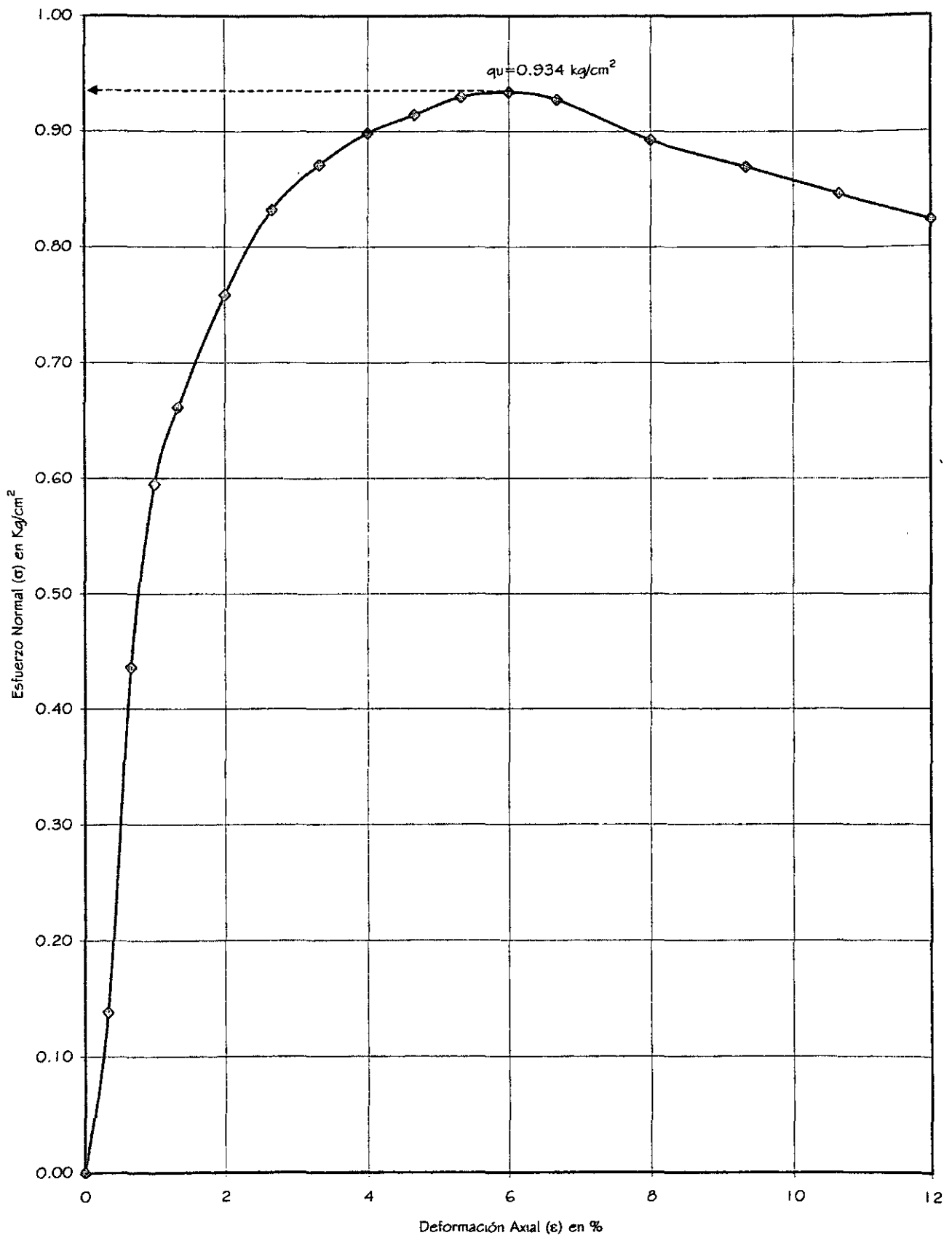
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE.

Descripción del suelo:	Arcilla café claro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	Ermita y La Viga, México, D.F. Sondeo: SM-1. Muestra: 16. Profundidad de: 12.80 a 13.80 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Calibración del anillo (kg/div):	0.1197	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area;	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A=π*D ² /4 (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

Deformación Axial Δh cm (1)	Deformación Vertical $\epsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ (2)	Lectura del anillo (3)	Carga Columna 3 x Factor del anillo. kg (4)	Area corregida $A_{cor} = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$ cm ² (5)	Esfuerzo Normal Columna 4 Columna 5 kg/cm ² (6)
0.0000	0.0000	0	0	10.360	0.000
0.0254	0.0033	12	1.4364	10.395	0.138
0.0508	0.0067	38	4.5486	10.430	0.436
0.0758	0.0099	52	6.2244	10.464	0.595
0.1016	0.0133	58	6.9426	10.500	0.661
0.1524	0.0200	67	8.0199	10.571	0.759
0.2032	0.0267	74	8.8578	10.644	0.832
0.254	0.0333	78	9.3366	10.717	0.871
0.3048	0.0400	81	9.6957	10.792	0.898
0.3556	0.0467	83	9.9351	10.867	0.914
0.4064	0.0533	85	10.1745	10.944	0.930
0.4572	0.0600	86	10.2942	11.021	0.934
0.508	0.0667	86	10.2942	11.100	0.927
0.6096	0.0800	84	10.0548	11.261	0.893
0.7112	0.0933	83	9.9351	11.426	0.869
0.8128	0.1067	82	9.8154	11.597	0.846
0.9144	0.1200	81	9.6957	11.773	0.824

Tabla IV.1 Prueba de compresión no confinada (Compresión - Simple)



Gráfica IV.1 Deformación Axial (ϵ) - contra Esfuerzo (σ).

Pruebas Triaxiales (UU, CU, CD).**Introducción.**

La prueba de compresión triaxial es el procedimiento mas sofisticado para determinar la fuerza cortante de un suelo. En general, con el equipo triaxial, tres tipos de pruebas comunes pueden ser realizadas, y ellas son mencionadas a continuación:

Tipo de Prueba	Parámetros determinados
• No consolidada – No drenada (UU)	$c_u (\phi=0)$
• Consolidada – Drenada (CD)	c, ϕ
• Consolidada – No drenada (CU)	$c, \phi, \Delta U$
➤ Sin medición de presión de poro.	c, ϕ
➤ Con medición de presión de poro.	$c', \phi', \Delta U$

c_u = Cohesión no – drenada.

c = Cohesión.

ϕ = Angulo de fricción drenada.

ΔU = Exceso de presión de poro durante la etapa de falla.

Nota: $s = c + \sigma' \tan \phi$ (c = cohesión, σ' = Esfuerzo normal efectivo).

Para condición no – drenada, $\phi = 0$; $s = c_u$

Equipo.

1. Cámara Triaxial (Fig. IV.4).
2. Máquina de compresión de deformación controlada.
3. Cortador de especímenes.
4. Cortador de alambre.
5. Bomba de vacío.
6. Horno.
7. Vernier.
8. Plato de evaporación.
9. Membrana de látex.
10. Tubo de plástico para extender la membrana.
11. Varios.

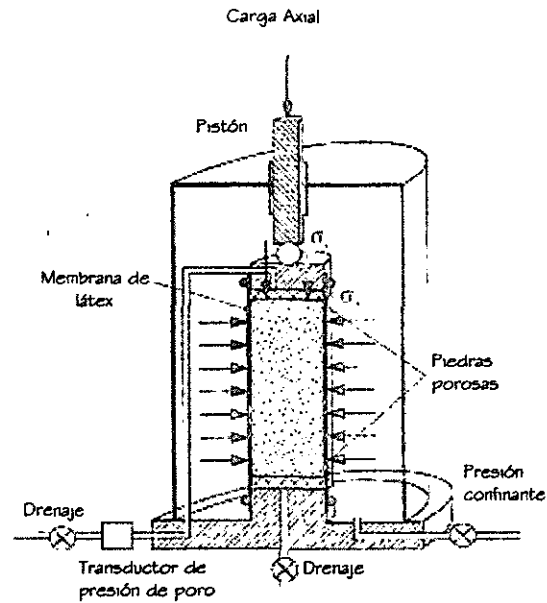


Fig. IV.4 Diagrama esquemático de una cámara triaxial.

Prueba no consolidada – no drenada (UU).

Procedimiento.

1. Colocar el espécimen en el cabezal de la base inferior de la cámara triaxial en posición vertical, con ayuda de un tubo de plástico se coloca la membrana de látex, posteriormente con un anillo de plástico se colocan los o-rings que lo sujetarán.
2. Se verifica que la probeta este centrada.
3. Se coloca el tubo de lucita sobre el empaque de la base de acero de la cámara y se pone la tapa teniendo precaución de levantar el vástago para no tocar la probeta.
4. Colocar la camisa y la tapa con pistón para después colocar las cuatro barras de sujeción de la cámara, posteriormente el vástago se hace bajar aplicando una pequeña presión de aire para lograr el contacto entre las dos piezas que forman el cabezal de la probeta. Este paso puede llevarse a cabo antes o después de aplicar una presión confinante.
5. Llenar la cámara triaxial con agua para poder aplicar la presión hidrostática, σ_3 , a través de este fluido y verificando antes que los drenes del espécimen estén cerrados.
6. Revisar el contacto entre el pistón y el espécimen. Colocar en cero el micrómetro, el cual medirá la deformación axial del espécimen.
7. El valor de la deformación será de 0.5% por minuto con respecto a la altura inicial la cual puede incrementarse a 0.508 mm o mas cuando el valor de carga aumente en el decremento del espécimen. Las lecturas provistas por el micrómetro indicaran el valor máximo y luego

disminuirán o permanecerán aproximadamente constantes. Registrar cuatro o cinco lecturas después del punto máximo.

8. Al completarse la prueba, se quita la presión σ_3 , y se deja drenar el agua hacia afuera de la cámara triaxial.
9. Remover el espécimen probado de la cámara y determinar su contenido de humedad.

Cálculo.

El procedimiento del cálculo es explicado y referido a las tablas IV.2 y IV.3, las cuales presentan los resultados de una prueba triaxial no consolidada – no drenada en el espécimen de un limo con arena café obscuro. Refinándonos a la tabla IV.2:

1. Calcular el contenido final de humedad del espécimen, w , (Renglón 3).

$$w(\%) = \frac{\text{masa húmeda del espécimen, } W_1 - \text{masa seca del espécimen, } W_2}{\text{masa seca del espécimen, } W_2} (100)$$

$$w(\%) = \frac{\text{renglón 1} - \text{renglón 2}}{\text{renglón 2}} (100)$$

2. Cálculo del área inicial del espécimen (Renglón 6)

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2 = \frac{\pi}{4} (\text{renglón 5})^2$$

3. Ahora, nos referimos a la Tabla IV.3, calculando la deformación vertical (Columna 2)

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{\text{Columna 1}}{\text{renglón 4, Tabla IV.2}}$$

donde:

Δh = Deformación total del espécimen en cualquier instante.

4. Cálculo de la carga aplicada al espécimen (Columna 4)

$$P = (\text{Lectura del micrómetro del anillo}) \times (\text{Factor de calibración})$$

$$P = (\text{Columna 3}) \times (\text{Renglón 10, Tabla IV.2})$$

5. Cálculo del área corregida, A_{cor} , del espécimen (Columna 5)

$$A_{cor} = \frac{A_0}{1 - \varepsilon} = \frac{\text{renglón 6, Tabla IV.2}}{\text{Columna 5}}$$

6. Cálculo del esfuerzo normal σ , (Columna 6)

$$\sigma = \frac{P}{A_{cor}} = \frac{\text{Columna 4}}{\text{Columna 5}}$$

Gráfica.

1. Se dibuja la gráfica de deformación axial (ϵ) en % contra esfuerzo desviador (σ). Para obtener un ejemplo, de los resultados de la Tabla IV.3 son dibujados en la Gráfica IV.2. De esta gráfica obtenemos el valor de σ a la falla [$\sigma = \Delta\sigma_d$]_f.
2. El esfuerzo principal menor (total) en el espécimen a la falla es σ_3 (ejemplo; la presión confinante de la cámara). El esfuerzo principal mayor (total) a la falla se obtiene de la siguiente forma:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d$$

3. Dibujar el círculo de Mohr con σ_1 y σ_3 obtenidos de la prueba realizada. El radio del círculo de Mohr es igual a C_u . Los resultados de la prueba son reportados en la Tabla IV.3 en la Gráfica IV.2 son dibujados en la gráfica IV.3.

Comentarios Generales.

1. Para suelos arcillosos saturados, la presión no confinante es un caso especial de la prueba UU. Para pruebas de compresión no confinada, $\sigma_3=0$. De cualquier modo, la calidad de los resultados obtenidos de la prueba UU es superior.
2. La Fig. IV.5 muestran las envolventes naturales de Mohr obtenidas de la prueba UU con grados variantes de saturación. Para especímenes saturados, el valor de $\Delta\sigma_d$, y de este modo C_u , es constante con la presión confinante de la cámara, σ_3 . Así que la envolvente de Mohr es una horizontal ($\phi=0$). Para especímenes de suelo con grados de saturación menores del 100%, la envolvente de Mohr es curva y decrece hasta la envolvente de $\phi=0$

S = Grado de saturación.

$$S_1 < S_2 < S_3$$

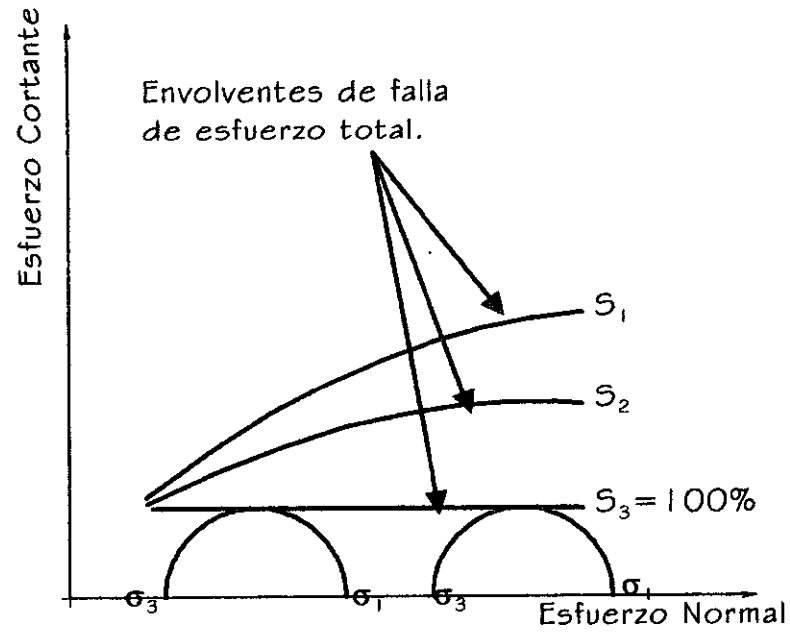


Figura IV.5.- Variación natural de las envolventes de falla del esfuerzo total con grado de saturación de un espécimen de suelo. (Para pruebas no drenadas)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA - NO DRENADA

Descripción del suelo:	Limo con Arena	No. de espécimen:	01
Localización:	Av. Conscripto No. 311, México, D.F. Sondeo: S-2. Establo:4. Profundidad de: 4.90 a 5.90 m		
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		
Fecha:	Mar-99		

Detalle	Cantidad
1.- Masa humedad del espécimen (al final de la prueba), w_1	185.680 g
2.- Masa seca del espécimen, W_2	151.800 g
3.- Contenido de humedad (al final de la prueba)	22.3 %
4.- Promedio inicial de las longitudes del espécimen.	8.940 cm
5.- Promedio inicial de los diámetros del espécimen.	3.581 cm
6.- Area inicial, A_0 .	10.064 cm ²
7.- Densidad de Sólidos, S_s	2.730
8.- Grado Final de Saturación, G_w .	98.2 %
9.- Presión Confinante de la Celda, σ_3	1.055 kg/cm ²
10.- Factor de Calibración del anillo.	0.168 kg/div

Tabla IV.2 Prueba triaxial no consolidada - no drenada (UU)

Datos Preliminares.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL NO CONSOLIDADA - NO DRENADA

Descripción del suelo:

Limo con Arena	No. de espécimen:	01
----------------	-------------------	----

Localización:

Av. Conscpto No. 311, México, D.F. Sondeo: S-2. Establo:4. Profundidad de: 4.90 a 5.90 m

Peso Humedo (g):

185.68	Cont. De Humedad (%):	22%	Altura. Esp. (cm):	8.940
--------	-----------------------	-----	--------------------	-------

Calibración del anillo (kg/div):

0.1678	Diámetro del espécimen (cm):	3.581	Area;	10.064
--------	------------------------------	-------	-------	--------

Prueba realizada por:

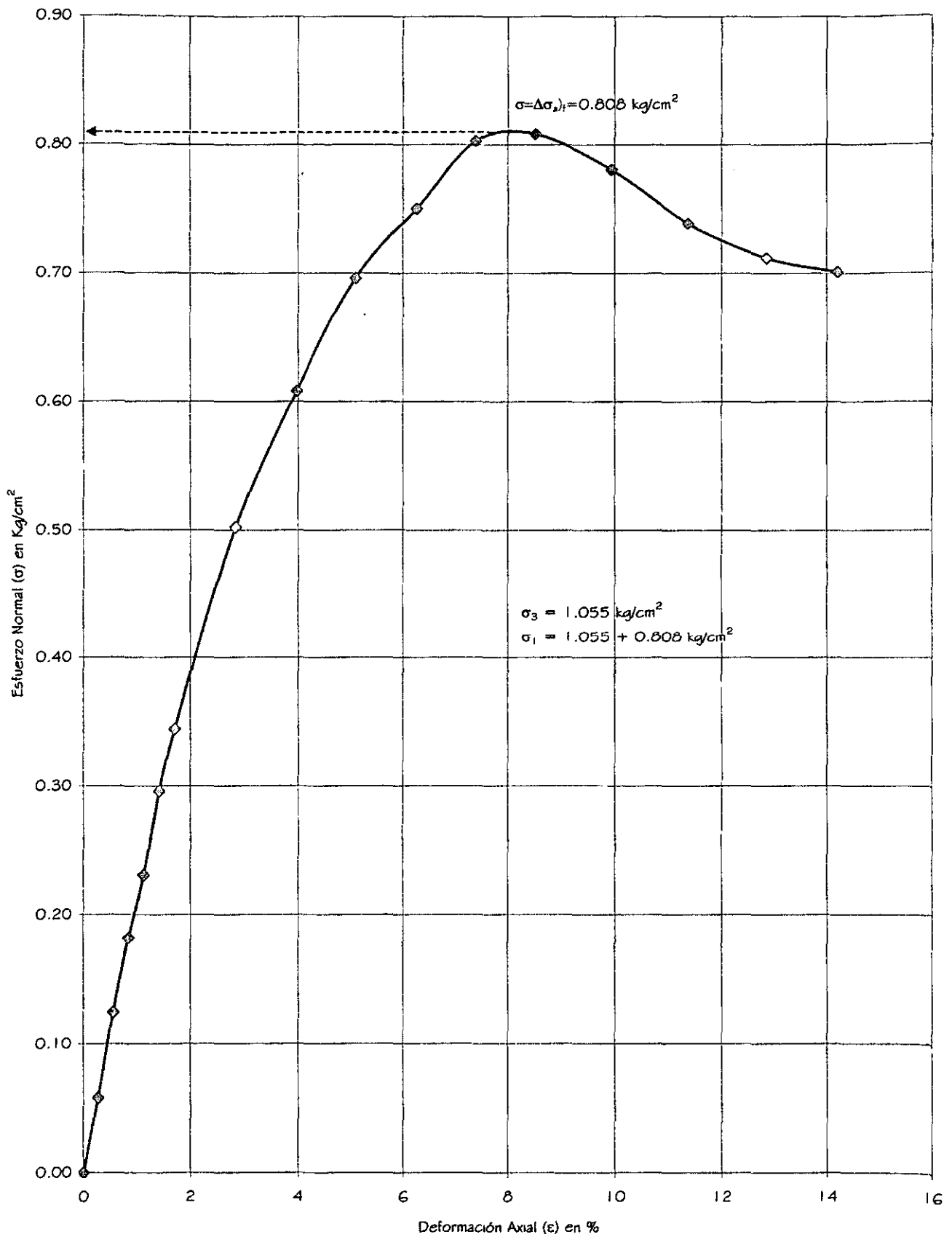
Alejandro Castro-Ortega.	A=π*D ² /4 (cm ²):	
--------------------------	---	--

Fecha:

Mar-99

Deformación Axial Δh cm (1)	Deformación Vertical $\epsilon = \frac{\Delta h}{h_0}$ (2)	Lectura del anillo (3)	Carga Columna 3 x Factor del anillo. kg (4)	Area corregida $A_{cor} = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$ cm ² (5)	Esf. Normal Columna 4 Columna 5 σ kg/cm ² (6)
0.0000	0.0000	0.0	0.0000	10.064	0.000
0.0254	0.0028	3.5	0.5873	10.093	0.058
0.0508	0.0057	7.5	1.2585	10.122	0.124
0.0762	0.0085	11	1.8458	10.151	0.182
0.1016	0.0114	14	2.3492	10.180	0.231
0.127	0.0142	18	3.0204	10.209	0.296
0.1524	0.0170	21	3.5238	10.239	0.344
0.254	0.0284	31	5.2018	10.358	0.502
0.3556	0.0398	38	6.3764	10.481	0.608
0.4572	0.0511	44	7.3832	10.606	0.696
0.5588	0.0625	48	8.0544	10.735	0.750
0.6604	0.0739	52	8.7256	10.867	0.803
0.762	0.0852	53	8.8934	11.002	0.808
0.889	0.0994	52	8.7256	11.175	0.781
1.016	0.1136	50	8.3900	11.354	0.739
1.15062	0.1287	49	8.2222	11.551	0.712
1.27	0.1421	49	8.2222	11.730	0.701

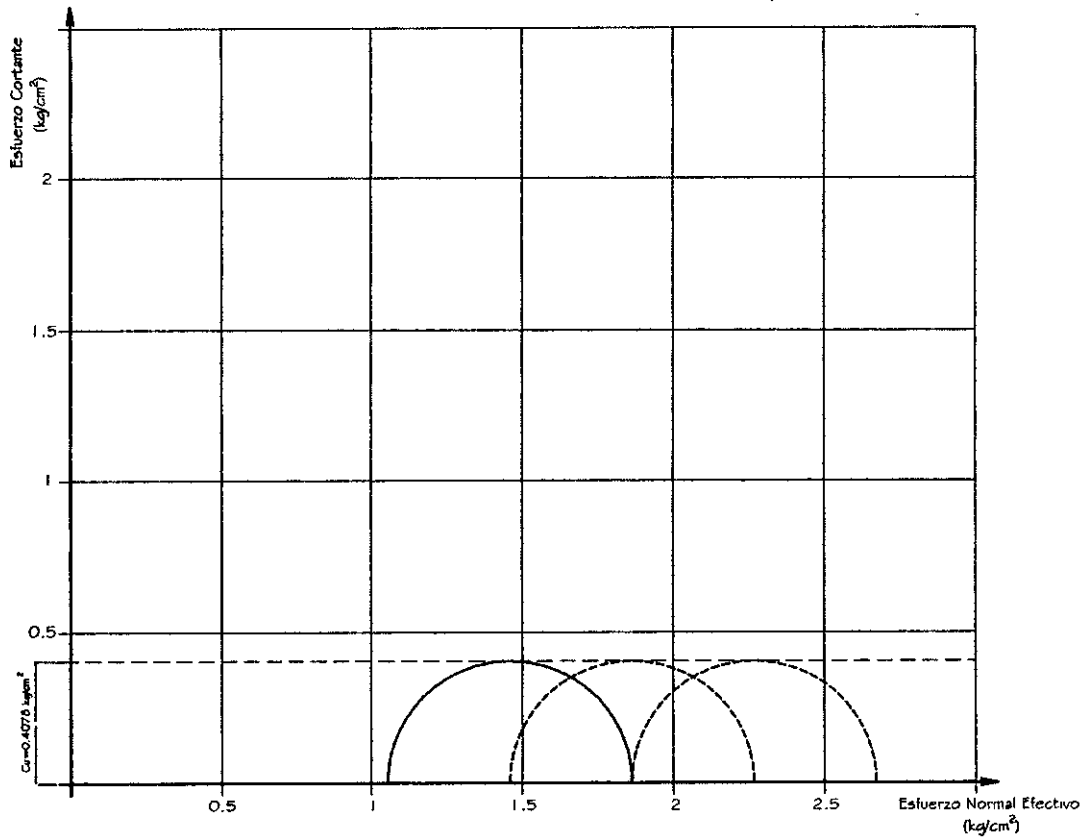
Tabla IV.3 Prueba triaxial no consolidada - no drenada (UU)



Gráfica IV.2 Deformación Axial (ϵ) - contra Esfuerzo ($\Delta\sigma$).

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

PRUEBA	σ_1	σ_3	RADIO DEL CIRCULO DE MOHR	NO CONSOLIDADA - NO DRENADA
No.	kg/cm ²	kg/cm ²		
1	1.863	1.055	$C_u = 0.4078$ kg/cm ²	ESTUDIO : <u>AV. CONSCRIPTO No. 311</u>
2				<u>MEXICO, D.F.</u>
3				SONDEO : <u>S-1</u> ESTABLO : <u>4</u>
4				PROFUNDIDAD DE: 4.90 A 5.90 m.



GRAFICA No. IV.3.- GRAFICA DEL CIRCULOS DE MOHR EN ESFUERZOS TOTALES

Prueba consolidada - no drenada (CU).**Procedimiento.**

1. Colocar el espécimen en el cabezal de la base inferior de la cámara triaxial en posición vertical, con ayuda de un tubo de plástico se coloca la membrana de látex, posteriormente con un anillo de plástico se colocan los o-rings que lo sujetarán.
2. Se verifica que la probeta este centrada.
3. Se coloca el tubo de lucita sobre el empaque de la base de acero de la cámara y se pone la tapa teniendo precaución de levantar el vástago para no tocar la probeta.
4. Llenar la cámara triaxial con agua, para poder aplicar presión hidrostática, σ_3 , al espécimen a través del fluido.
5. La aplicación de la presión a la cámara, σ_3 , causara un incremento en la presión de agua de poro del espécimen. Para consolidar al espécimen se conectan las líneas de los drenes del espécimen a una bureta calibrada y se dejan estas líneas abiertas. Cuando el nivel de agua en la bureta comience a ser constante, la consolidación se ha completado. Para saturar el espécimen, el volumen de cambio esperado en la probeta deber ser igual al volumen de agua drenada de la bureta. Registrar el volumen del drenaje (ΔV).
6. Ahora se conectan las líneas de los drenes al dispositivo de medición de presión de poro.
7. Revisar el contacto entre el vástago y el espécimen. Colocar en cero el micrómetro el cual medirá da deformación axial del espécimen.
8. El valor de la deformación deber ser del 0.5% por minuto con respecto a la altura inicial. Cuando la carga axial en el espécimen este incrementándose, la presión de agua de poro en el espécimen incrementara también. Se registran las lecturas del micrómetro correspondiente al exceso de la presión de agua de poro (Δu) en el espécimen para cada 0.254 mm. Las lecturas del micrómetro podrán incrementarse al máximo y luego disminuirán o permanecerán constantes. Registrar al menos cuatro de cinco lecturas después de que el micrómetro registre el máximo valor.
9. Al completarse la prueba, se quita la presión σ_3 , y se drena el agua afuera de la cámara triaxial.
10. Se remueve el espécimen de la cámara y se determinar su contenido de humedad.
11. Repetir la prueba en uno o dos especímenes similares. Cada espécimen puede ser sometido a diferente valor de σ_3 .

Cálculo y Gráfica.

El procedimiento para hacer los cálculos requeridos y el trazado de las gráficas es explicado y referido a las Tablas IV.4 y IV.5, así como las Gráficas IV.4 y IV.5. Primeramente nos referiremos a la Tabla IV.4.

1. Calcular el área inicial del espécimen (Reglón 5).

$$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2 = \frac{\pi}{4} (\text{reglón 4})^2$$

2. Calcular el volumen inicial del espécimen (Reglón 6).

$$V_0 = A_0 h_0 = (\text{Reglón 5}) \times (\text{Reglón 3})$$

3. Calcular el volumen del espécimen después de la consolidación (Reglón 9).

$$V_c = V_0 - \Delta V = (\text{Reglón 6}) - (\text{Reglón 8})$$

Donde:

V_c = Volumen consolidado del espécimen.

4. Calcular la longitud, h_c (Reglón 10), y el área de la sección transversal, A_c (Reglón 11) del espécimen después de la consolidación.

$$h_c = h_0 \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^{1/3} = (\text{reglón 3}) \left(\frac{\text{reglón 9}}{\text{reglón 6}} \right)^{1/3}$$

y

$$A_c = A_0 \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^{2/3} = (\text{reglón 5}) \left(\frac{\text{reglón 9}}{\text{reglón 6}} \right)^{2/3}$$

Ahora nos referimos a la Tabla IV. 5

5. Calcular la deformación axial (Columna 2)

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_c} = \frac{\text{Columna 1}}{\text{reglón 10, Tabla IV.4}}$$

donde:

Δh = Deformación axial.

6. Calcular la carga del vástago, P (Columna 4)

$$P = (\text{Lectura del micrómetro del anillo, ejemplo Columna 3}) \times (\text{Factor de Calibración}).$$

7. Calcular el área corregida, A_c , (Columna 5).

$$A_{cor} = \frac{A_0}{1 - \varepsilon} = \frac{\text{renglón 11, Tabla IV.4}}{1 - \text{Columna 2}}$$

8. Determinación del esfuerzo desviador, $\Delta\sigma$ (Columna 6)

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma = \frac{P}{A_{cor}} = \frac{\text{Columna 4}}{\text{Columna 5}}$$

9. Determinar el parámetro de presión de agua de poro, A (Columna 8)

$$A = \frac{\Delta U}{\Delta\sigma} = \frac{\text{Columna 7}}{\text{Columna 6}}$$

10. Dibujar las gráficas para:

- a) $\sigma = \Delta\sigma = \Delta\sigma_s$,
- b) Δu contra ε (%)
- a) A contra ε (%)

Un ejemplo, de los resultados de los cálculos mostrados en la Tabla IV.5 son dibujados en la Gráfica IV.4, IV.5 y IV.6

11. De la gráfica $\Delta\sigma$ contra ε (%), determinamos el máximo valor de $\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$ y los valores correspondientes a $\Delta u = \Delta u_f$ y $A = A_f$.

De la Gráfica IV.4, $\Delta\sigma_f = 0.890 \text{ kg/cm}^2$ y $\varepsilon = 4.751 \%$, al mismo nivel de esfuerzo $\Delta u_f = 0.276 \text{ kg/cm}^2$ y $A = 0.310$.

12. Calcular el esfuerzo efectivo principal mayor y menor a la falla.

Esfuerzo efectivo principal menor a la falla

$$\sigma_3' = \sigma_3 - \Delta u_f$$

Esfuerzo efectivo principal mayor a la falla

$$\sigma_1' = (\sigma_3 + \Delta\sigma_f) - \Delta u_f$$

Para la prueba del limo con arena reportado en la Tabla IV.4 y IV.5 los esfuerzos son:

$$\sigma_3' = 0.5 - 0.276 = 0.224 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1' = (0.5 + 0.89) - 0.276 = 1.114 \text{ kg/cm}^2$$

13. Colectar σ_1' y σ_3' de todos los especímenes probados y graficando los círculos de Mohr. Dibujar la envolvente de falla que toca los círculos de Mohr. La ecuación de la envolvente de falla puede ser dada por:

$$s = c + \sigma' \tan \phi$$

Determine los valores de c y ϕ de las envolventes de falla.

De la Gráfica IV.9 muestran los círculos de tres pruebas en Arcilla reportado en la Tabla IV.5, IV.6 y IV.7.

Para la envolvente de falla, $c = 0$ y $\phi = 41.18^\circ$, por lo cual:

$$s = \sigma' \tan 41.18^\circ$$

Comentarios Generales.

1. Para suelos normalmente consolidados, $c = 0$; de cualquier modo, para suelos preconsolidados, $c > 0$.
2. Un rango típico de valores de A a la falla para suelos arcillosos es dada a continuación:

Tipo de Suelo	A a la Falla
Arcillas con alta sensibilidad.	0.75 a 1.5
Arcillas normalmente consolidadas.	0.5 a 1.0
Arcillas preconsolidadas.	-0.5 a 0
Arenas arcillosas compactadas.	0.5 a 0.75



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA - NO DRENADA

Descripción del suelo:	Arcilla café oscuro.	No. de espécimen:	01
Localización:	Tuxpan, Veracruz. Sondeo: SM-1. Muestra: 22. Profundidad de: 15.80 a 16.80 m		
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		
Fecha:	Mar-99		

Detalle	Cantidad
DATOS INICIALES.	
1.- Peso humedo del espécimen (Al inicial la prueba)	114.760 g
2.- Contenido de humedad (Al inicio de la prueba).	%
3.- Altura Inicial del espécimen, L_0	8.49 cm
4.- Diámetro inicial del espécimen, D_0	3.57 cm
5.- Area inicial del espécimen,	$A_0 = \frac{\pi}{4} D_0^2$ 10.019 cm^2
6.- Volumen inicial del espécimen, $V_0 = A_0 L_0$	85.061 cm^3
DESPUES DE LA CONSOLIDACIÓN DEL ESPÉCIMEN SATURADO.	
7.- Presión de la celda de consolidación, σ_3	0.50 kg/cm^2
8.- Drenaje neto del espécimen durante la consolidación, ΔV .	3.186 cm^3
9.- Volumen del espécimen despues de la consolidación, $V_c = \Delta V + V_0$	81.875 cm^3
10.- Altura del espécimen despues de la consolidación, $H_c = H_0 \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^{1/3}$	8.380 cm
11.- Area del espécimen despues de la consolidación. $A_{cor} = A_0 \left(\frac{V_c}{V_0} \right)^{2/3}$	9.767 cm^2

Tabla IV.4 Prueba triaxial consolidada - no drenada (CU)

Datos Preliminares.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA - NO DRENADA

Descripción del suelo:	Arcilla café obscuro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	Tuxpan, Veracruz.	Sondeo: SM-1.	Muestra: 22.	Profundidad de: 15.80 a 16.80 m	
Peso Humedo (g):	114.76	Cont. de Humedad (%):		Altura (cm):	8.490
Calibración del anillo (kg/div):	0.0280	Diámetro del espécimen (cm):	3.570	Area:	10.019
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A = π/4 * D ² (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

Deformación espécimen ΔL cm (1)	Deformación Vertical $\epsilon = \frac{\Delta h}{L}$ (2)	Lectura del anillo (3)	Carga del pistón. Columna 3 x Factor del anillo. kg (4)	Area corregida $A_c = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$ cm ² (5)	Esf. Desviador $\frac{\text{Columna 4}}{\text{Columna 5}}$ $\Delta \sigma$ kg/cm ² (6)	Exceso - agua presión de poro. Δu kg/cm ² (7)	Parámetro de presión de poro. $A = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma}$ (8)
0.000	0.000	17.665	0.000	9.685	0.000	0.000	0.000
0.195	0.234	17.470	1.000	9.688	0.103	0.017	0.165
0.447	0.536	17.218	2.000	9.699	0.206	0.065	0.315
0.825	0.990	16.840	3.000	9.719	0.309	0.159	0.514
1.084	1.301	16.581	3.500	9.722	0.360	0.269	0.746
1.280	1.536	16.385	4.000	9.735	0.411	0.341	0.829
1.473	1.768	16.192	4.500	9.738	0.462	0.460	0.995
1.728	2.074	15.937	5.000	9.748	0.513	0.596	1.161
2.056	2.467	15.609	5.500	9.760	0.564	0.776	1.377
2.310	2.772	15.355	6.000	9.773	0.614	0.937	1.526
2.630	3.156	15.035	6.500	9.790	0.664	1.130	1.702
2.967	3.561	14.698	7.000	9.809	0.714	1.337	1.874
3.328	3.994	14.337	7.500	9.826	0.763	1.595	2.090
3.855	4.627	13.810	8.000	9.854	0.812	1.940	2.389
4.333	5.200	13.332	8.500	9.882	0.860	2.269	2.638
5.010	6.013	12.655	9.000	9.919	0.907	2.739	3.019
5.695	6.835	11.970	9.500	9.962	0.954	3.212	3.368
6.615	7.939	11.050	10.000	10.020	0.998	3.824	3.832
7.678	9.215	9.987	10.500	10.120	1.038	4.303	4.147
9.420	11.306	8.245	11.000	10.336	1.064	4.590	4.313
14.665	17.601	3.000	11.500	11.029	1.043	5.190	4.977

Tabla IV.5 Prueba triaxial consolidada - no drenada (CU)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA - NO DRENADA

Descripción del suelo:	Arcilla café obscuro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	Tuxpan, Veracruz.	Sondeo: SM-1.	Muestra: 22.	Profundidad de: 15.80 a 16.80 m	
Peso Humedo (g):	114.76	Cont. de Humedad (%):		Altura (cm):	8.490
Calibración del anillo (kg/div):	0.0280	Diámetro del espécimen (cm):	3.570	Area:	10.019
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.			A = π/4 * D ² (cm ²):	
Fecha:	Mar-99				

Deformación espécimen	Deformación Vertical	Lectura del anillo	Carga del pistón.	Area corregida	Est. Desviador	Exceso - agua	Parámetro de presión de
ΔL	$\epsilon = \frac{\Delta h}{L}$		Columna 3 x Factor del anillo.	$A_c = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$	Columna 4	presión de poro.	presión de poro.
cm			kg	cm ²	Columna 5	Δu	$A = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	kg/cm ²	(8)
0.000	0.000	20.230	0.000	8.779	0.000	0.000	0.000
0.131	0.162	20.099	1.000	8.773	0.114	0.018	0.159
0.378	0.467	19.852	2.000	8.785	0.228	0.064	0.282
0.699	0.864	19.531	3.000	8.797	0.341	0.158	0.464
1.127	1.394	19.103	4.000	8.817	0.454	0.308	0.680
1.693	2.094	18.537	5.000	8.841	0.566	0.563	0.995
2.370	2.931	17.860	6.000	8.870	0.676	0.920	1.360
3.239	4.006	16.991	7.000	8.910	0.786	1.434	1.825
4.230	5.232	16.000	8.000	8.954	0.893	2.119	2.372
5.310	6.568	14.920	9.000	9.005	0.999	2.951	2.953
6.520	8.065	13.710	10.000	9.069	1.103	3.933	3.567
7.510	9.290	12.720	11.000	9.126	1.205	4.879	4.048
8.670	10.725	11.560	12.000	9.194	1.305	6.020	4.612
9.790	12.111	10.440	13.000	9.263	1.403	7.232	5.153
10.881	13.460	9.349	14.000	9.338	1.499	8.457	5.641
11.936	14.765	8.294	15.000	9.411	1.594	9.758	6.122
12.921	15.984	7.309	16.000	9.486	1.687	11.026	6.537
13.918	17.217	6.312	17.000	9.563	1.778	12.387	6.968
14.805	18.315	5.425	18.000	9.636	1.868	13.698	7.333
15.733	19.463	4.497	19.000	9.714	1.956	15.110	7.725
16.623	20.564	3.607	20.000	9.796	2.042	16.462	8.063
17.505	21.655	2.725	21.000	9.877	2.126	17.883	8.411
18.820	23.282	1.410	22.000	10.033	2.193	19.171	8.743

Tabla IV.6 Prueba triaxial consolidada - no drenada (CU)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

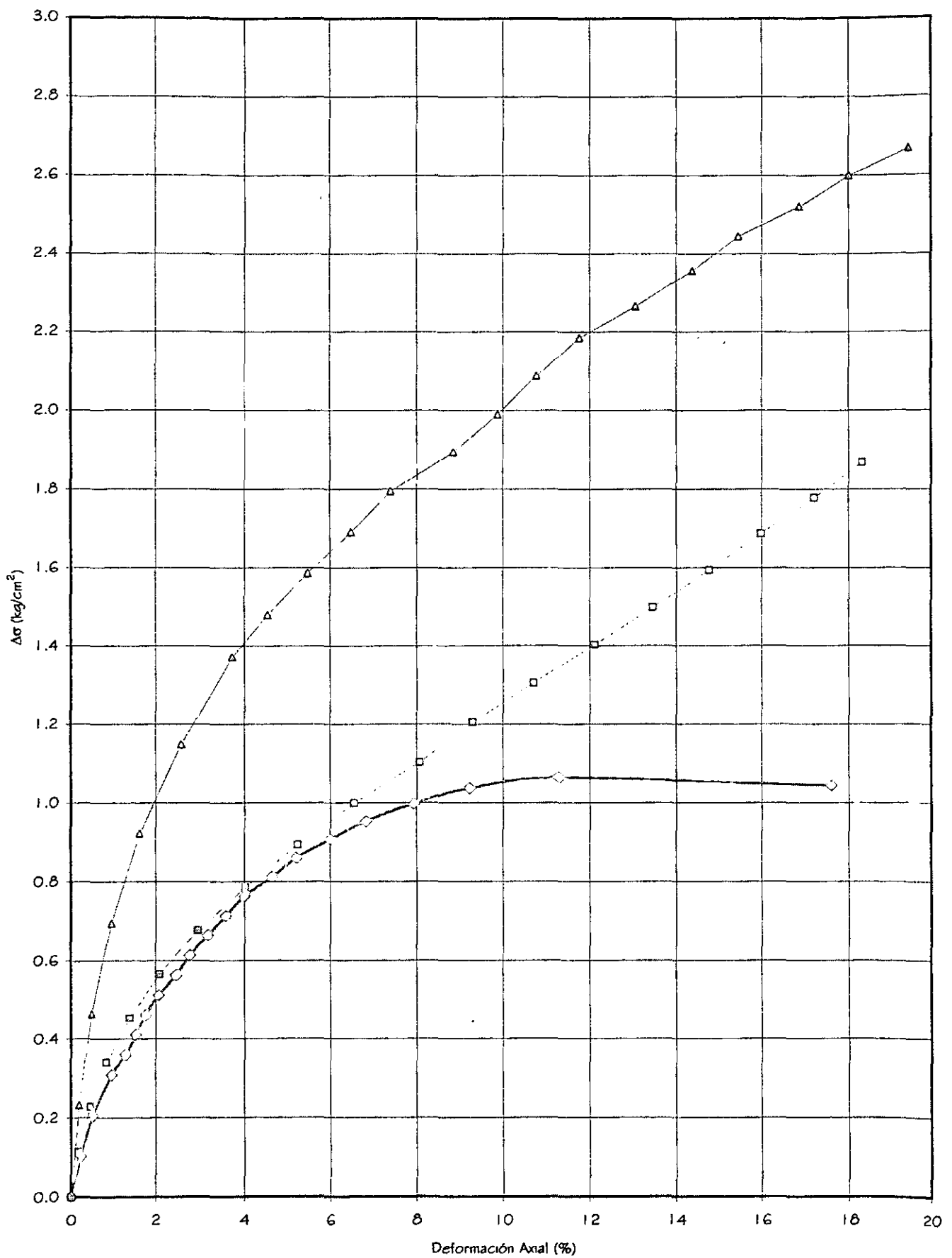
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA TRIAXIAL CONSOLIDADA - NO DRENADA

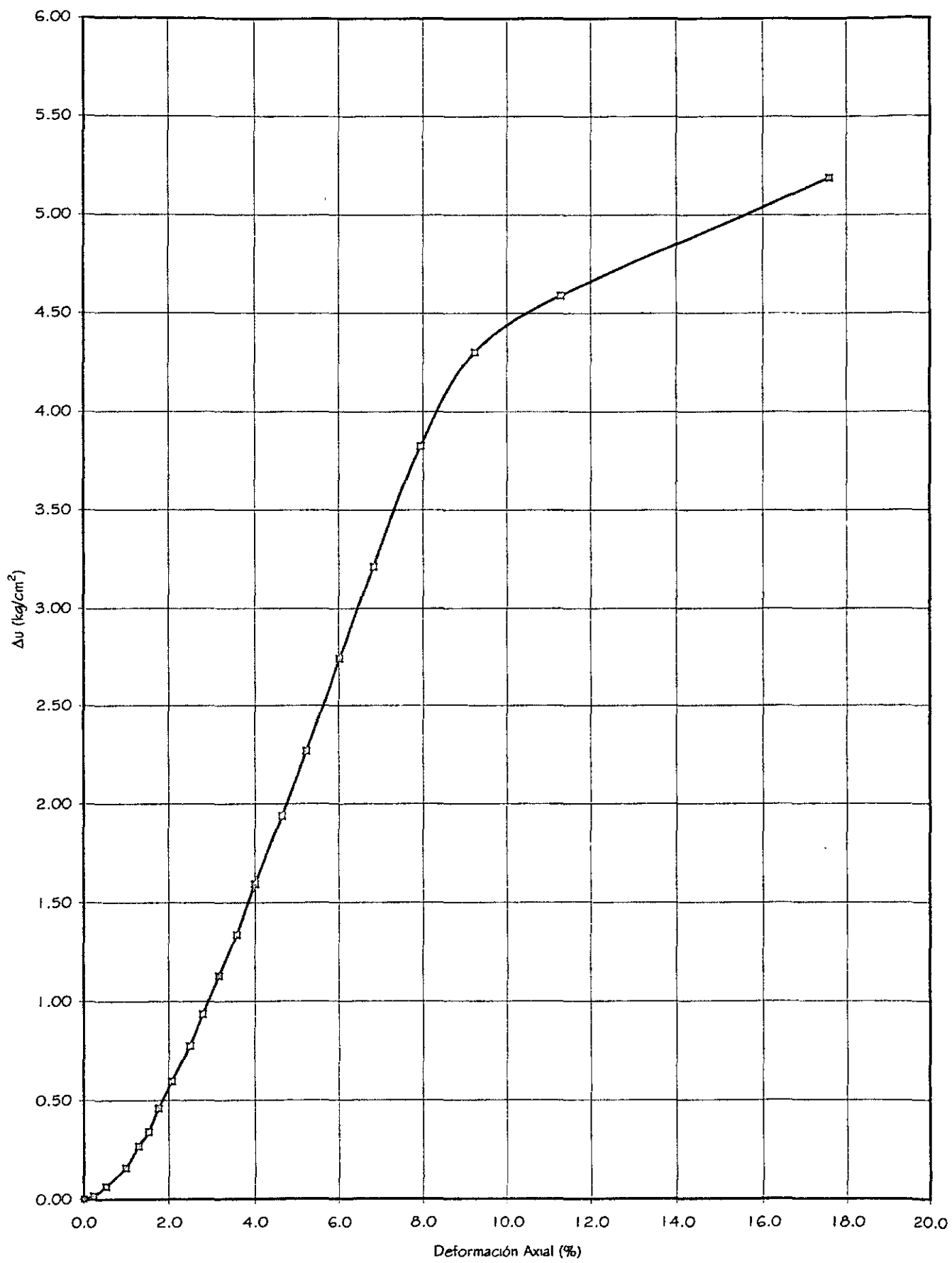
Descripción del suelo:	Arcilla café obscuro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	Tuxpan, Veracruz. Sondeo: SM-1. Muestra: 22. Profundidad de: 15.80 a 16.80 m				
Peso Humedo (g):	114.76	Cont. de Humedad (%):		Altura (cm):	8.490
Calibración del anillo (kg/div):	0.0280	Díámetro del espécimen (cm):	3.570	Area:	10.019
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.			A = π/4 * D ² (cm ²):	
Fecha:	Mar-99				

Deformación espécimen ΔL cm (1)	Deformación Vertical $\epsilon = \frac{\Delta h}{L}$ (2)	Lectura del anillo (3)	Carga del piston. Columna 3 x Factor del anillo. kg (4)	Area corregida $A_c = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$ cm ² (5)	Est. Desviador $\frac{\text{Columna 4}}{\text{Columna 5}}$ $\Delta \sigma$ kg/cm ² (6)	Exceso - agua presión de poro. Δu kg/cm ² (7)	Parámetro de presión de poro. $A = \frac{\Delta U}{\Delta \sigma}$ (8)
0.000	0.000	19.500	0.000	8.619	0.000	0.000	0.000
0.151	0.189	19.349	2.000	8.623	0.232	0.023	0.099
0.397	0.497	19.103	4.000	8.635	0.463	0.100	0.215
0.777	0.973	18.723	6.000	8.650	0.694	0.294	0.424
1.320	1.635	18.180	8.000	8.675	0.922	0.642	0.696
2.058	2.578	17.442	10.000	8.708	1.148	1.238	1.078
2.959	3.706	16.541	12.000	8.752	1.371	2.092	1.526
3.619	4.533	15.861	13.000	8.789	1.479	2.698	1.824
4.352	5.451	15.148	14.000	8.829	1.586	3.435	2.166
5.187	6.497	14.313	15.000	8.875	1.690	4.317	2.554
5.922	7.416	13.578	16.000	8.919	1.794	5.177	2.886
7.058	8.841	12.442	17.000	8.977	1.894	6.584	3.477
7.885	9.877	11.615	18.000	9.047	1.990	7.393	3.716
8.620	10.797	10.880	19.000	9.101	2.088	8.347	3.998
9.385	11.756	10.115	20.000	9.157	2.184	9.383	4.296
10.419	13.051	9.081	21.000	9.272	2.265	10.070	4.446
11.477	14.376	8.023	22.000	9.335	2.357	11.767	4.993
12.339	15.456	7.161	23.000	9.410	2.444	12.935	5.292
13.470	16.873	6.030	24.000	9.526	2.519	14.084	5.590
14.375	18.007	5.125	25.000	9.620	2.599	15.174	5.839
15.525	19.447	3.975	26.000	9.751	2.666	16.260	6.098

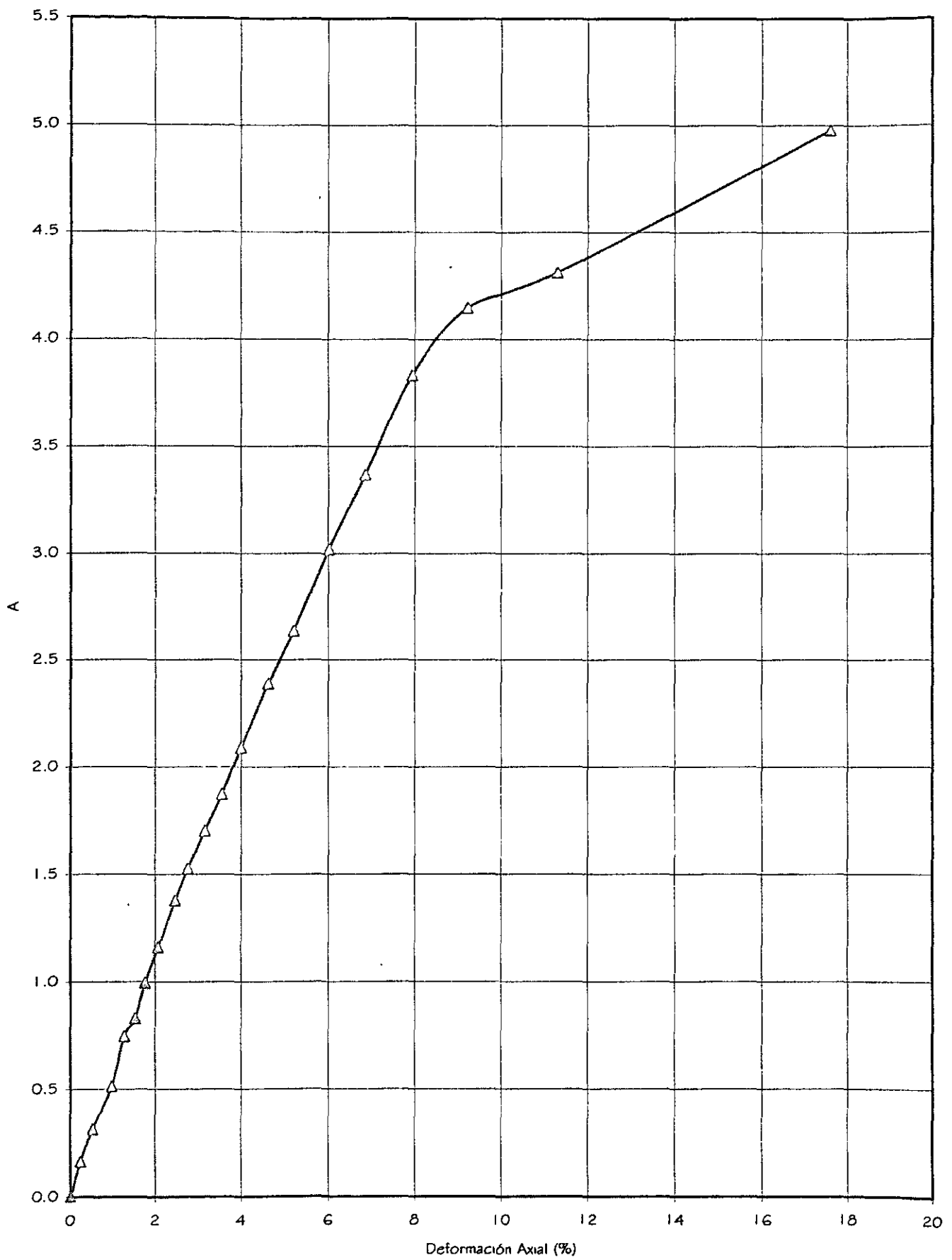
Tabla IV.7 Prueba triaxial consolidada - no drenada (CU)



Gráfica IV.4 Deformación Axial (ϵ) - contra $\Delta\sigma$, Δu y A.



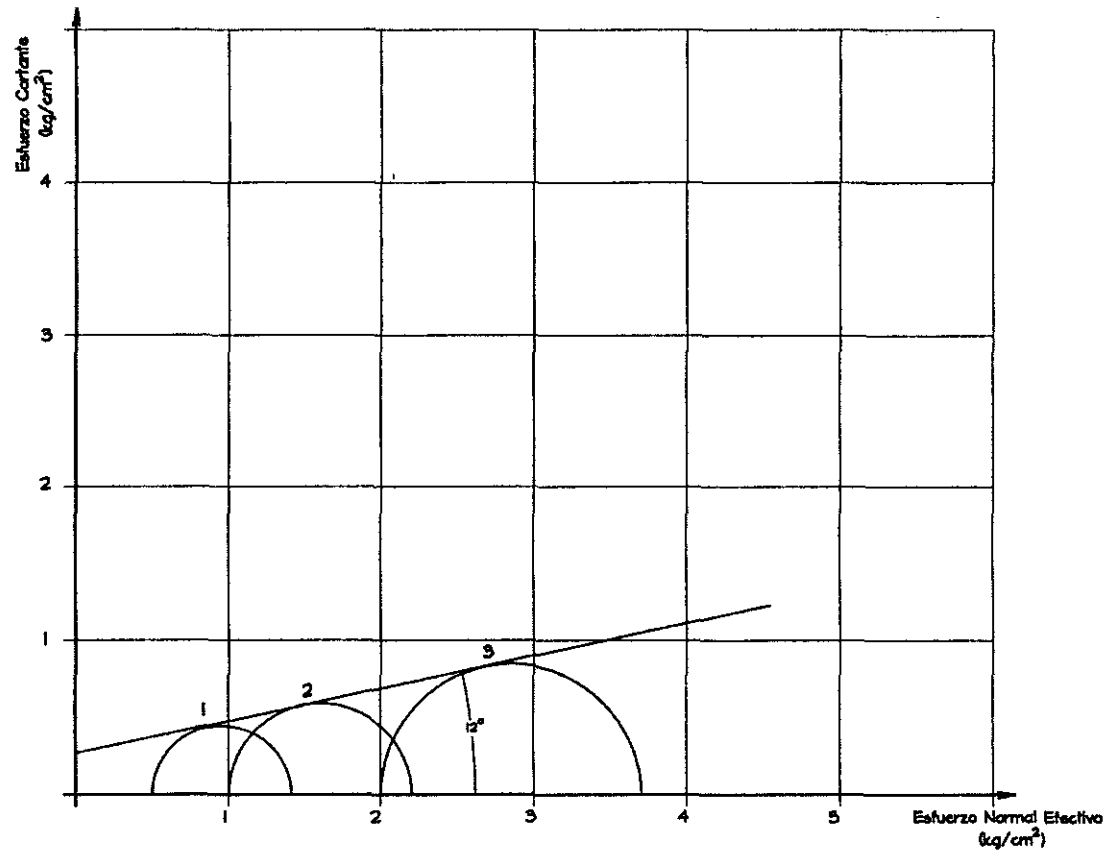
Gráfica IV.5 Deformación Axial (ϵ) - contra $\Delta\sigma$, Δu y A.



Gráfica IV.6 Deformación Axial (ϵ) - contra $\Delta\sigma$, Δu y A.

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

PRUEBA	σ_1	σ_3	CONSOLIDADA - NO DRENADA
No.	kg/cm ²	kg/cm ²	
1	1.411	0.500	
2	2.205	1.000	
3	3.705	2.000	ESTUDIO : <u>TUXPAN</u> <u>VERACRUZ</u> SONDEO : <u>SM-1</u> MUESTRA : <u>22</u> PROFUNDIDAD DE: 15.80 A 16.80 m.
4			



GRAFICA No. IV.7.- CIRCULOS DE MOHR DE ESFUERZOS TOTALES.

Prueba Consolidada - Drenada (CD).**Procedimiento.**

Para esta prueba se sigue el mismo procedimiento indicado en la prueba triaxial consolidada – no drenada, hasta que finalice la etapa de consolidación y entonces se continúa de la siguiente manera:

1. Permaneciendo las llaves de control de flujo como la llave del dren inferior de la cámara abiertas, se aplica la primera carga axial y se lee el micrómetro y la bureta a intervalos de tiempo conocidos, hasta que las deformaciones y variaciones volumétricas sean prácticamente nulas. El tiempo requerido para que tal condición se alcance, depende de la permeabilidad del material y de otros factores que influyen en el proceso de consolidación (dimensión y drenaje); puede ser cuestión de minutos en una arena y de días en algunas arcillas. El dispositivo de carga para este tipo de prueba conviene que sea, por la circunstancia anterior, de carga controlada.
2. Se aplican sucesivamente la segunda, tercera y demás cargas siguiendo los pasos del punto No. 1, hasta provocar la falla de espécimen. El programa de las cargas axiales que se usara en el ensayo, es necesario tener una idea de cómo se produce la falla, por medio de otras pruebas y por medio de la forma de las curvas de cargas contra deformaciones.
3. Para cada incremento de carga axial, se dibujan las curvas de deformaciones axiales contra variaciones volumétricas; se calculan los contenidos de agua y relaciones de vacíos.
4. Todas las operaciones descritas se repiten para otras presiones laterales. Con los valores de las cargas axiales de ruptura y presiones laterales, se trazan los círculos de Mohr y la envolvente respectiva.

IV.IV.- DESMONTAJE DEL EQUIPO.

Una vez que se llevó a cabo la falla del material se procede a desmontar el aparato y la muestra de suelo como se explica a continuación:

- Verificar que los drenes estén cerrados.
- Con el regulador 1 quitar la presión confinante y la contrapresión de la misma si fue necesaria.

- Las válvulas TPC-C y VCT-C se abren al igual que el pivote que se encuentra en la parte superior de la cámara, esto para desalojar el agua del vaso y de la cámara.
- Una vez que la cámara ya no contenga agua se procede a liberar los tornillos de las bases de la cámara para poder quitar la camisa y realizar el esquema del espécimen fallado, midiendo su plano de falla si es que existe.
- Se quita el cabezal superior deslizando los o-rings hacia arriba para perder la menor cantidad de material posible.
- Con mucho cuidado se jala hacia arriba la membrana con la muestra y se empujan los 2 o-rings del dren inferior.
- Se retira la membrana y los papeles filtros (superior e inferior).
- Se obtiene el peso final de la muestra húmeda, se seca al horno para obtener el peso de sólidos y el contenido de agua.

V.- ENSAYES PRELIMINARES.

V.I.- PRUEBAS TRIAXIALES.

A continuación se presentan las pruebas que se realizaron en la Cámara Triaxial Instrumentada Modelo FI-CTI-3610. Las pruebas efectuadas fueron las siguientes:

1. PRUEBA ESTÁTICA (CD)

Muestra Seca.

Descripción del Suelo: Limo con Arena.

No. de Espécimen: 01

Localización: Av. Conscripto No. 311, México D.F.

Sondeo: SM-1

Muestra: 02

Profundidad: 12.80 – 13.80

2. PRUEBA ESTÁTICA (CD)

Muestra Saturada.

Descripción del Suelo: Arcilla Café Claro.

No. de Espécimen: 01

Localización: ADO, México D.F.

Sondeo: SM-2

Muestra: 33

Profundidad: 9.10 – 9.40

En estas pruebas se presentan las gráficas de Deformación Unitaria (%) vs. Esfuerzo Desviador (kg/cm^2), así como la gráfica de Deformación Unitaria (%) vs. Deformación Volumétrica (%).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)
MUESTRA SECA

Descripción del suelo:	Limo con Arena		No. de espécimen:	01	
Localización:	Av. Conscpto No. 311, México, D.F. Sondeo: SM-1. Muestra:2. Profundidad de: 12.80 a 13.80 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	1.0	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area:	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A= $\pi/4 \cdot D^2$ (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

LECTURAS A CADA: 1.5 seg

LVDT = 2.9857 } Valores Iniciales
FZA A= 0.0003 } Promedio VAL MAX= 2.8777

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL	DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL
volts	%	Volts	kg/cm ²	volts	%	Volts	kg/cm ²
2.9860	0.0004	0.0004	0.0018	2.9757	0.0135	-0.0178	0.2183
2.9860	0.0004	0.0003	0.0003	2.9755	0.0139	-0.0177	0.2175
2.9855	0.0003	0.0003	0.0009	2.9758	0.0135	-0.0174	0.2139
2.9859	0.0002	0.0005	0.0024	2.9757	0.0135	-0.0173	0.2127
2.9860	0.0003	0.0004	0.0012	2.9756	0.0138	-0.0176	0.2168
2.9857	0.0000	0.0004	0.0011	2.9757	0.0136	-0.0173	0.2124
2.9855	0.0003	0.0001	0.0016	2.9754	0.0139	-0.0173	0.2132
2.9859	0.0002	0.0001	0.0022	2.9756	0.0138	-0.0176	0.2161
2.9855	0.0003	0.0004	0.0020	2.9755	0.0138	-0.0176	0.2160
2.9858	0.0001	-0.0002	0.0056	2.9754	0.0139	-0.0173	0.2124
2.9858	0.0001	0.0004	0.0021	2.9755	0.0138	-0.0174	0.2135
2.9861	0.0005	0.0005	0.0027	2.9755	0.0139	-0.0172	0.2120
2.9853	0.0005	0.0005	0.0023	2.9754	0.0140	-0.0173	0.2127
2.9857	0.0001	-0.0002	0.0059	2.9755	0.0138	-0.0172	0.2119
2.9857	0.0001	0.0005	0.0032	2.9755	0.0139	-0.0172	0.2120
2.9856	0.0002	0.0005	0.0031	2.9756	0.0137	-0.0172	0.2118
2.9857	0.0001	-0.0001	0.0049	2.9752	0.0142	-0.0171	0.2109
2.9858	0.0001	0.0000	0.0038	2.9752	0.0143	-0.0171	0.2110
2.9855	0.0003	0.0005	0.0029	2.9754	0.0140	-0.0172	0.2116
2.9859	0.0002	0.0002	0.0003	2.9756	0.0137	-0.0174	0.2143
2.9825	0.0044	-0.0056	0.0708	2.9750	0.0145	-0.0175	0.2154
2.9803	0.0073	-0.0097	0.1211	2.9754	0.0140	-0.0172	0.2116
2.9763	0.0128	-0.0167	0.2059	2.9754	0.0139	-0.0172	0.2117
2.9758	0.0134	-0.0175	0.2149	2.9755	0.0138	-0.0176	0.2164
2.9758	0.0135	-0.0173	0.2128	2.9752	0.0143	-0.0173	0.2128
2.9754	0.0140	-0.0174	0.2143	2.9753	0.0142	-0.0175	0.2153

DEFORMACION volts	DEFORMACION UNITARIA %	FUERZA A Volts	ESFUERZO NORMAL kg/cm ²	DEFORMACION volts	DEFORMACION UNITARIA %	FUERZA A Volts	ESFUERZO NORMAL kg/cm ²
2.9754	0.0140	-0.0173	0.2123	2.8808	0.1421	-0.1431	1.7366
2.9753	0.0142	-0.0172	0.2113	2.8802	0.1429	-0.1425	1.7298
2.9706	0.0205	-0.0302	0.3693	2.8802	0.1429	-0.1430	1.7351
2.9552	0.0413	-0.0688	0.8368	2.8800	0.1432	-0.1427	1.7314
2.9497	0.0487	-0.0756	0.9189	2.8800	0.1430	-0.1423	1.7277
2.9485	0.0504	-0.0764	0.9290	2.8798	0.1434	-0.1424	1.7280
2.9474	0.0518	-0.0764	0.9289	2.8790	0.1445	-0.1425	1.7295
2.9466	0.0530	-0.0763	0.9274	2.8794	0.1439	-0.1429	1.7342
2.9463	0.0533	-0.0766	0.9307	2.8793	0.1441	-0.1425	1.7297
2.9461	0.0536	-0.0764	0.9288	2.8790	0.1445	-0.1421	1.7248
2.9453	0.0547	-0.0764	0.9284	2.8787	0.1449	-0.1427	1.7325
2.9449	0.0553	-0.0762	0.9259	2.8784	0.1453	-0.1427	1.7324
2.9447	0.0555	-0.0767	0.9323	2.8786	0.1450	-0.1422	1.7260
2.9445	0.0558	-0.0761	0.9254	2.8786	0.1451	-0.1426	1.7313
2.9442	0.0562	-0.0762	0.9267	2.8784	0.1453	-0.1422	1.7253
2.9441	0.0563	-0.0761	0.9257	2.8784	0.1453	-0.1421	1.7245
2.9438	0.0568	-0.0764	0.9293	2.8783	0.1455	-0.1428	1.7327
2.9439	0.0566	-0.0763	0.9270	2.8781	0.1457	-0.1423	1.7276
2.9437	0.0569	-0.0763	0.9280	2.8780	0.1459	-0.1420	1.7237
2.9436	0.0570	-0.0761	0.9251	2.8777	0.1462	-0.1423	1.7271
2.9435	0.0571	-0.0767	0.9325	2.8647	0.1639	-0.1714	2.0795
2.9434	0.0572	-0.0760	0.9241	2.8298	0.2111	-0.2019	2.4491
2.9428	0.0582	-0.0767	0.9319	2.8201	0.2242	-0.2072	2.5137
2.9432	0.0576	-0.0760	0.9243	2.8167	0.2288	-0.2068	2.5086
2.9429	0.0579	-0.0762	0.9269	2.8154	0.2305	-0.2071	2.5124
2.9427	0.0583	-0.0763	0.9274	2.8129	0.2339	-0.2080	2.5233
2.9425	0.0585	-0.0766	0.9311	2.8121	0.2350	-0.2082	2.5251
2.9425	0.0585	-0.0760	0.9235	2.8112	0.2362	-0.2080	2.5226
2.9424	0.0587	-0.0763	0.9273	2.8100	0.2378	-0.2075	2.5174
2.9424	0.0587	-0.0760	0.9242	2.8096	0.2384	-0.2077	2.5197
2.9424	0.0587	-0.0759	0.9226	2.8092	0.2390	-0.2081	2.5240
2.9167	0.0934	-0.1197	1.4535	2.8083	0.2401	-0.2080	2.5227
2.8978	0.1190	-0.1377	1.6711	2.8079	0.2407	-0.2079	2.5223
2.8915	0.1275	-0.1418	1.7205	2.8073	0.2415	-0.2079	2.5224
2.8886	0.1315	-0.1421	1.7252	2.8073	0.2415	-0.2077	2.5189
2.8865	0.1343	-0.1425	1.7294	2.8070	0.2419	-0.2080	2.5232
2.8852	0.1361	-0.1426	1.7304	2.8066	0.2424	-0.2073	2.5140
2.8843	0.1373	-0.1421	1.7248	2.8063	0.2429	-0.2073	2.5149
2.8838	0.1379	-0.1426	1.7313	2.8058	0.2436	-0.2073	2.5146
2.8831	0.1390	-0.1431	1.7362	2.8055	0.2439	-0.2073	2.5146
2.8827	0.1395	-0.1425	1.7291	2.8053	0.2442	-0.2078	2.5209
2.8823	0.1400	-0.1426	1.7312	2.8051	0.2444	-0.2078	2.5210
2.8818	0.1406	-0.1433	1.7387	2.8049	0.2447	-0.2072	2.5138
2.8815	0.1411	-0.1428	1.7336	2.8048	0.2450	-0.2074	2.5161
2.8812	0.1415	-0.1424	1.7284	2.8043	0.2455	-0.2072	2.5130

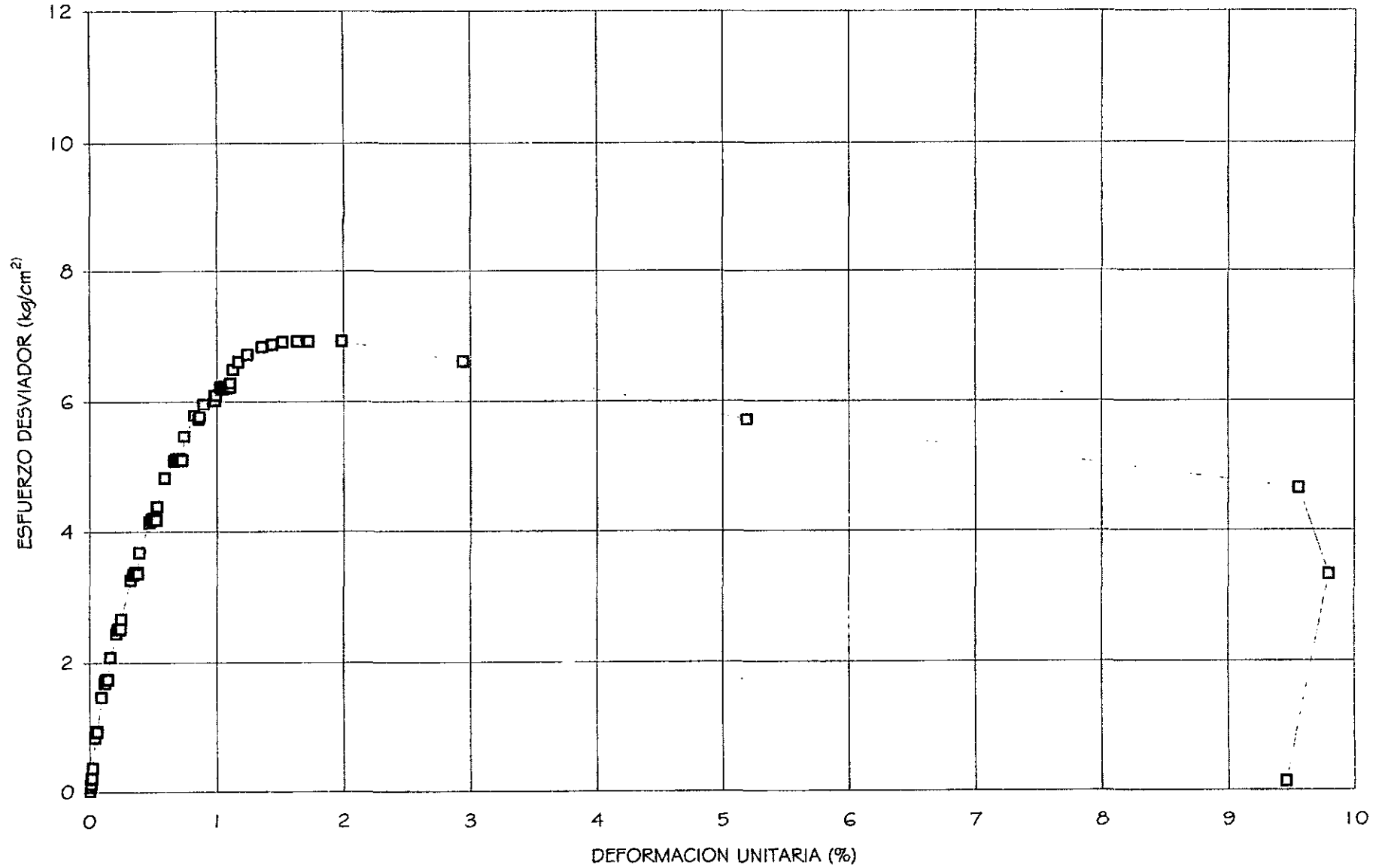
DEFORMACION volts	DEFORMACION UNITARIA %	FUERZA A Volts	ESFUERZO NORMAL kg/cm ²	DEFORMACION volts	DEFORMACION UNITARIA %	FUERZA A Volts	ESFUERZO NORMAL kg/cm ²
2.8043	0.2456	-0.2071	2.5125	2.6026	0.5186	-0.3436	4.1662
2.8039	0.2461	-0.2075	2.5172	2.6020	0.5194	-0.3441	4.1722
2.8040	0.2460	-0.2077	2.5194	2.6014	0.5202	-0.3440	4.1708
2.8035	0.2466	-0.2077	2.5192	2.6011	0.5207	-0.3438	4.1677
2.8036	0.2465	-0.2077	2.5194	2.6006	0.5214	-0.3439	4.1689
2.8002	0.2511	-0.2204	2.6727	2.6004	0.5216	-0.3439	4.1694
2.7486	0.3209	-0.2691	3.2636	2.5995	0.5228	-0.3442	4.1729
2.7329	0.3422	-0.2759	3.3460	2.5995	0.5229	-0.3438	4.1683
2.7229	0.3558	-0.2782	3.3738	2.5990	0.5235	-0.3438	4.1685
2.7210	0.3583	-0.2776	3.3662	2.5948	0.5292	-0.3603	4.3675
2.7184	0.3619	-0.2777	3.3671	2.5515	0.5877	-0.3956	4.7961
2.7166	0.3643	-0.2784	3.3760	2.4952	0.6640	-0.4170	5.0546
2.7160	0.3651	-0.2788	3.3812	2.4806	0.6838	-0.4191	5.0808
2.7144	0.3673	-0.2782	3.3729	2.4737	0.6930	-0.4177	5.0629
2.7137	0.3682	-0.2783	3.3751	2.4700	0.6981	-0.4184	5.0715
2.7127	0.3696	-0.2778	3.3686	2.4669	0.7022	-0.4195	5.0850
2.7124	0.3700	-0.2777	3.3670	2.4635	0.7069	-0.4183	5.0702
2.7112	0.3716	-0.2784	3.3760	2.4618	0.7091	-0.4182	5.0698
2.7110	0.3718	-0.2784	3.3753	2.4606	0.7108	-0.4173	5.0588
2.7101	0.3731	-0.2783	3.3750	2.4589	0.7131	-0.4177	5.0629
2.7100	0.3732	-0.2780	3.3708	2.4580	0.7143	-0.4180	5.0675
2.7092	0.3743	-0.2781	3.3720	2.4569	0.7158	-0.4186	5.0746
2.7092	0.3742	-0.2783	3.3741	2.4555	0.7178	-0.4179	5.0660
2.7082	0.3756	-0.2783	3.3748	2.4546	0.7189	-0.4180	5.0664
2.7083	0.3756	-0.2774	3.3640	2.4537	0.7202	-0.4180	5.0669
2.7081	0.3759	-0.2781	3.3723	2.4529	0.7213	-0.4179	5.0661
2.7075	0.3766	-0.2775	3.3653	2.4522	0.7222	-0.4172	5.0577
2.7075	0.3766	-0.2779	3.3702	2.4516	0.7230	-0.4176	5.0619
2.7072	0.3770	-0.2774	3.3641	2.4510	0.7238	-0.4174	5.0601
2.7069	0.3775	-0.2780	3.3707	2.4503	0.7247	-0.4180	5.0670
2.7066	0.3778	-0.2774	3.3634	2.4495	0.7259	-0.4176	5.0618
2.6973	0.3904	-0.3038	3.6833	2.4490	0.7265	-0.4180	5.0666
2.6405	0.4672	-0.3410	4.1345	2.4486	0.7270	-0.4176	5.0620
2.6244	0.4892	-0.3444	4.1756	2.4480	0.7279	-0.4175	5.0613
2.6181	0.4976	-0.3437	4.1673	2.4478	0.7281	-0.4176	5.0626
2.6149	0.5020	-0.3452	4.1849	2.4355	0.7448	-0.4481	5.4311
2.6122	0.5057	-0.3446	4.1780	2.3762	0.8250	-0.4761	5.7707
2.6104	0.5080	-0.3443	4.1747	2.3522	0.8575	-0.4708	5.7066
2.6090	0.5100	-0.3442	4.1728	2.3459	0.8661	-0.4736	5.7405
2.6080	0.5112	-0.3436	4.1652	2.3233	0.8967	-0.4910	5.9519
2.6066	0.5131	-0.3439	4.1695	2.2606	0.9816	-0.5023	6.0878
2.6056	0.5146	-0.3445	4.1762	2.2590	0.9837	-0.4957	6.0081
2.6048	0.5156	-0.3447	4.1787	2.2568	0.9866	-0.4961	6.0131
2.6036	0.5172	-0.3447	4.1786	2.2519	0.9933	-0.5030	6.0971
2.6033	0.5176	-0.3442	4.1734	2.2266	1.0276	-0.5135	6.2245

DEFORMACION volts	DEFORMACION UNITARIA %	FUERZA A Volts	ESFUERZO NORMAL kg/cm ²
2.2185	1.0385	-0.5110	6.1938
2.2133	1.0455	-0.5109	6.1920
2.2032	1.0592	-0.5145	6.2365
2.1981	1.0662	-0.5143	6.2341
2.1932	1.0728	-0.5125	6.2114
2.1907	1.0761	-0.5124	6.2105
2.1867	1.0816	-0.5143	6.2338
2.1838	1.0854	-0.5146	6.2376
2.1806	1.0898	-0.5136	6.2250
2.1794	1.0915	-0.5132	6.2200
2.1771	1.0945	-0.5128	6.2151
2.1761	1.0959	-0.5126	6.2125
2.1746	1.0979	-0.5133	6.2219
2.1725	1.1007	-0.5138	6.2275
2.1715	1.1021	-0.5141	6.2308
2.1698	1.1044	-0.5134	6.2222
2.1689	1.1056	-0.5136	6.2256
2.1663	1.1092	-0.5189	6.2893
2.1519	1.1286	-0.5364	6.5008
2.1199	1.1719	-0.5462	6.6202
2.0682	1.2419	-0.5553	6.7306
1.9822	1.3584	-0.5650	6.8473
1.9235	1.4379	-0.5675	6.8786
1.8629	1.5199	-0.5709	6.9195
1.7779	1.6349	-0.5717	6.9294
1.7111	1.7254	-0.5715	6.9267
1.5188	1.9856	-0.5718	6.9296
0.8111	2.9436	-0.5465	6.6239
-0.8511	5.1935	-0.4696	5.6927
-4.0764	9.5593	-0.3822	4.6335
-4.2517	9.7966	-0.2746	3.3296
-4.0030	9.4599	0.0110	0.1301
	6.0000		
	6.0000		
	6.0000		15.0000
	6.0000		

MUESTRA SECA

ESFUERZO EFECTIVO CONFINANTE= 1.0 kg/cm²

DIAMETRO=3.6 cm





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)
MUESTRA SECA

Descripción del suelo:	Limo con Arena		No. de espécimen:	01	
Localización:	Av. Conscrito No. 311, México, D.F. Sondeo: SM-1. Muestra: 2. Profundidad de: 12.80 a 13.80 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	1.5	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area:	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A=π/4*D ² (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

LECTURAS A CADA: 2.0 seg

LVDT = 5.5269 } Valores Iniciales
FZA A= -0.0415 } Promedio VAL MAX= 10.3295

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL	DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL
volts	%	Volts	kg/cm ²	volts	%	Volts	kg/cm ²
5.5284	0.0022	-0.0505	0.1145	5.5255	0.0019	-0.0524	0.1379
5.5266	0.0004	-0.0274	0.1805	5.5278	0.0013	-0.0298	0.1496
5.5259	0.0014	-0.0448	0.0407	5.5288	0.0026	-0.0332	0.1074
5.5262	0.0009	-0.0339	0.0982	5.5288	0.0026	-0.0332	0.1073
5.5255	0.0019	-0.0487	0.0908	5.5242	0.0037	-0.0332	0.1074
5.5248	0.0029	-0.0314	0.1293	5.5333	0.0089	-0.0332	0.1073
5.5340	0.0099	-0.0466	0.0643	5.5209	0.0082	-0.0389	0.0342
5.5252	0.0024	-0.0357	0.0756	5.5255	0.0019	-0.0311	0.1332
5.5248	0.0028	-0.0486	0.0901	5.5193	0.0106	-0.0332	0.1073
5.5308	0.0054	-0.0495	0.1013	5.5249	0.0027	-0.0332	0.1071
5.5248	0.0028	-0.0488	0.0917	5.5333	0.0089	-0.0530	0.1460
5.5213	0.0077	-0.0488	0.0925	5.5203	0.0091	-0.0332	0.1071
5.5291	0.0031	-0.0332	0.1071	5.5259	0.0014	-0.0530	0.1452
5.5311	0.0059	-0.0331	0.1075	5.5245	0.0033	-0.0332	0.1071
5.5288	0.0026	-0.0332	0.1072	5.5281	0.0017	-0.0536	0.1532
5.5277	0.0012	-0.0541	0.1601	5.5246	0.0032	-0.0551	0.1720
5.5323	0.0075	-0.0519	0.1318	5.5281	0.0018	-0.0455	0.0495
5.5262	0.0009	-0.0466	0.0644	5.5233	0.0050	-0.0456	0.0512
5.5297	0.0039	-0.0488	0.0920	5.5210	0.0082	-0.0599	0.2338
5.5252	0.0024	-0.0518	0.1299	5.5220	0.0067	-0.0353	0.0797
5.5317	0.0066	-0.0271	0.1846	5.5213	0.0077	-0.0483	0.0851
5.5301	0.0044	-0.0332	0.1073	5.5206	0.0086	-0.0316	0.1272
5.5238	0.0042	-0.0490	0.0944	5.5245	0.0033	-0.0302	0.1448
5.5255	0.0019	-0.0476	0.0767	5.5193	0.0105	-0.0688	0.3469
5.5252	0.0024	-0.0332	0.1073	5.5246	0.0032	-0.0323	0.1186
5.5255	0.0019	-0.0299	0.1488	5.5197	0.0100	-0.0635	0.2798

DEFORMACION	DEFORMACION	FUERZA A	ESFUERZO	DEFORMACION	DEFORMACION	FUERZA A	ESFUERZO
volts	UNITARIA	Volts	NORMAL	volts	UNITARIA	Volts	NORMAL
	%		kg/cm ²		%		kg/cm ²
5.5206	0.0086	-0.0508	0.1176	5.4205	0.1474	-0.2482	2.6310
5.5181	0.0121	-0.0407	0.0115	5.4130	0.1577	-0.2251	2.3371
5.5190	0.0109	-0.0556	0.1787	5.4128	0.1580	-0.2086	2.1270
5.5190	0.0109	-0.1094	0.8653	5.4169	0.1523	-0.2263	2.3514
5.5103	0.0230	-0.0921	0.6441	5.4183	0.1504	-0.2479	2.6266
5.5109	0.0222	-0.0726	0.3954	5.4144	0.1558	-0.2227	2.3054
5.5155	0.0157	-0.1000	0.7449	5.4118	0.1593	-0.2485	2.6350
5.5155	0.0157	-0.0856	0.5611	5.4163	0.1531	-0.2472	2.6183
5.5123	0.0202	-0.1025	0.7773	5.4135	0.1571	-0.2502	2.6561
5.5119	0.0207	-0.0763	0.4422	5.4128	0.1580	-0.2483	2.6325
5.5064	0.0284	-0.0721	0.3894	5.4118	0.1593	-0.2457	2.5988
5.5132	0.0189	-0.0840	0.5410	5.4082	0.1643	-0.2096	2.1397
5.5094	0.0243	-0.0881	0.5935	5.4115	0.1598	-0.2122	2.1716
5.5126	0.0198	-0.0703	0.3665	5.4087	0.1638	-0.2142	2.1972
5.5077	0.0265	-0.0704	0.3668	5.4161	0.1535	-0.2455	2.5963
5.5109	0.0221	-0.1006	0.7529	5.4093	0.1628	-0.2483	2.6317
5.5083	0.0257	-0.1107	0.8812	5.4115	0.1598	-0.2096	2.1395
5.5103	0.0230	-0.1030	0.7836	5.4080	0.1647	-0.2478	2.6252
5.5148	0.0167	-0.1040	0.7961	5.4116	0.1597	-0.2151	2.2087
5.5152	0.0162	-0.0696	0.3573	5.4128	0.1580	-0.2324	2.4295
5.5126	0.0198	-0.0754	0.4316	5.4112	0.1602	-0.2324	2.4290
5.5171	0.0135	-0.0929	0.6541	5.4151	0.1548	-0.2449	2.5887
5.5161	0.0149	-0.0902	0.6196	5.4078	0.1650	-0.2710	2.9206
5.5016	0.0350	-0.1519	1.4057	5.3828	0.1996	-0.3029	3.3251
5.4767	0.0695	-0.1358	1.2004	5.3665	0.2222	-0.3169	3.5029
5.4770	0.0691	-0.1376	1.2231	5.3604	0.2307	-0.3218	3.5646
5.4754	0.0713	-0.1366	1.2112	5.3569	0.2355	-0.2995	3.2810
5.4787	0.0668	-0.1338	1.1758	5.3592	0.2323	-0.3217	3.5638
5.4689	0.0803	-0.1352	1.1932	5.3595	0.2319	-0.3154	3.4840
5.4693	0.0798	-0.1582	1.4859	5.3644	0.2251	-0.3028	3.3241
5.4716	0.0766	-0.1541	1.4342	5.3550	0.2380	-0.3170	3.5038
5.4706	0.0780	-0.1375	1.2223	5.3550	0.2380	-0.2758	2.9796
5.4706	0.0780	-0.1349	1.1886	5.3550	0.2380	-0.2806	3.0404
5.4683	0.0811	-0.1552	1.4480	5.3550	0.2380	-0.3217	3.5639
5.4719	0.0761	-0.1532	1.4226	5.3486	0.2470	-0.2964	3.2408
5.4709	0.0775	-0.1370	1.2158	5.3524	0.2417	-0.3011	3.3010
5.4748	0.0721	-0.1518	1.4044	5.3490	0.2464	-0.3153	3.4823
5.4712	0.0771	-0.1393	1.2445	5.3499	0.2451	-0.3075	3.3827
5.4680	0.0816	-0.1517	1.4030	5.3513	0.2433	-0.3202	3.5442
5.4667	0.0833	-0.1478	1.3536	5.3583	0.2335	-0.3154	3.4833
5.4703	0.0783	-0.1388	1.2388	5.3547	0.2385	-0.3233	3.5836
5.4693	0.0798	-0.1435	1.2980	5.3534	0.2403	-0.2805	3.0393
5.4738	0.0735	-0.1373	1.2196	5.3467	0.2496	-0.2981	3.2624
5.4578	0.0957	-0.1761	1.7135	5.3464	0.2500	-0.3202	3.5434
5.4292	0.1354	-0.2462	2.6055	5.3492	0.2461	-0.3075	3.3822
5.4224	0.1447	-0.2088	2.1298	5.3492	0.2461	-0.2900	3.1606
5.4198	0.1483	-0.2385	2.5077	5.3490	0.2464	-0.3201	3.5423
5.4169	0.1523	-0.2469	2.6138	5.3445	0.2526	-0.3169	3.5021

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL	DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL
volts	%	Volts	kg/cm ²	volts	%	Volts	kg/cm ²
5.3506	0.2442	-0.3186	3.5236	5.2174	0.4288	-0.4161	4.7556
5.3513	0.2433	-0.2790	3.0204	5.2179	0.4280	-0.4284	4.9111
5.3486	0.2469	-0.3169	3.5020	5.2137	0.4339	-0.4345	4.9884
5.3481	0.2476	-0.2789	3.0186	5.2167	0.4297	-0.4540	5.2367
5.3490	0.2464	-0.3185	3.5223	5.2183	0.4275	-0.4511	5.2002
5.3499	0.2451	-0.2901	3.1611	5.2089	0.4405	-0.4390	5.0456
5.3506	0.2442	-0.2774	2.9997	5.2169	0.4293	-0.4283	4.9100
5.3509	0.2437	-0.3154	3.4838	5.2114	0.4370	-0.4494	5.1781
5.3516	0.2429	-0.2915	3.1797	5.2169	0.4293	-0.4176	4.7746
5.3481	0.2476	-0.3294	3.6617	5.2088	0.4406	-0.4329	4.9684
5.3372	0.2627	-0.3280	3.6429	5.2075	0.4424	-0.4374	5.0248
5.3307	0.2718	-0.3295	3.6610	5.2146	0.4326	-0.4147	4.7380
5.3046	0.3080	-0.3824	4.3324	5.2114	0.4370	-0.4479	5.1589
5.3058	0.3062	-0.3840	4.3532	5.2052	0.4456	-0.4147	4.7370
5.3011	0.3128	-0.3701	4.1758	5.2088	0.4406	-0.4360	5.0070
5.2999	0.3144	-0.3824	4.3319	5.2156	0.4312	-0.4331	4.9712
5.3002	0.3140	-0.3731	4.2144	5.2085	0.4410	-0.4511	5.1989
5.2929	0.3242	-0.3840	4.3528	5.2130	0.4348	-0.4465	5.1415
5.2922	0.3251	-0.3685	4.1556	5.2085	0.4410	-0.4496	5.1797
5.2929	0.3242	-0.3437	3.8397	5.2134	0.4343	-0.4314	4.9494
5.2928	0.3243	-0.3810	4.3136	5.2046	0.4464	-0.4527	5.2185
5.2912	0.3265	-0.3498	3.9178	5.2088	0.4406	-0.4284	4.9105
5.2912	0.3265	-0.3762	4.2532	5.2049	0.4461	-0.4116	4.6979
5.2869	0.3325	-0.3436	3.8385	5.2118	0.4365	-0.4495	5.1785
5.2857	0.3341	-0.3668	4.1338	5.2045	0.4465	-0.4451	5.1225
5.2863	0.3332	-0.3854	4.3702	5.1778	0.4835	-0.5141	5.9959
5.2869	0.3325	-0.3483	3.8980	5.1549	0.5153	-0.4872	5.6536
5.2889	0.3296	-0.3822	4.3294	5.1437	0.5308	-0.5197	6.0647
5.2833	0.3374	-0.3499	3.9183	5.1437	0.5308	-0.5227	6.1022
5.2908	0.3270	-0.3824	4.3313	5.1374	0.5395	-0.5245	6.1243
5.2867	0.3328	-0.3436	3.8381	5.1322	0.5467	-0.5170	6.0293
5.2901	0.3279	-0.3482	3.8973	5.1343	0.5439	-0.5167	6.0260
5.2879	0.3310	-0.3809	4.3129	5.1303	0.5493	-0.5138	5.9889
5.2915	0.3261	-0.3824	4.3320	5.1310	0.5484	-0.5228	6.1026
5.2863	0.3332	-0.3653	4.1147	5.1313	0.5480	-0.5169	6.0277
5.2824	0.3387	-0.3855	4.3706	5.1265	0.5546	-0.4856	5.6312
5.2826	0.3383	-0.3638	4.0956	5.1301	0.5497	-0.5182	6.0448
5.2898	0.3284	-0.3857	4.3737	5.1310	0.5484	-0.4797	5.5557
5.2846	0.3356	-0.3792	4.2903	5.1219	0.5609	-0.5198	6.0644
5.2869	0.3325	-0.3855	4.3709	5.1232	0.5592	-0.5229	6.1039
5.2915	0.3261	-0.3762	4.2535	5.1207	0.5627	-0.4989	5.7994
5.2879	0.3310	-0.3670	4.1359	5.1278	0.5528	-0.5121	5.9665
5.2774	0.3456	-0.3808	4.3111	5.1235	0.5588	-0.5215	6.0852
5.2613	0.3679	-0.4251	4.8728	5.1267	0.5543	-0.4871	5.6503
5.2399	0.3976	-0.4404	5.0658	5.1235	0.5588	-0.4798	5.5569
5.2284	0.4134	-0.4542	5.2404	5.1228	0.5597	-0.4857	5.6320
5.2241	0.4194	-0.4361	5.0097	5.1203	0.5632	-0.5004	5.8178
5.2167	0.4297	-0.4525	5.2176	5.1267	0.5543	-0.5198	6.0649

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL	DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL
volts	%	Volts	kg/cm ²	volts	%	Volts	kg/cm ²
5.1246	0.5573	-0.4974	5.7798	5.0445	0.6683	-0.5492	6.4294
5.1135	0.5726	-0.5229	6.1022	5.0352	0.6811	-0.5623	6.5951
5.1225	0.5601	-0.4976	5.7829	5.0409	0.6732	-0.5639	6.6158
5.1261	0.5552	-0.5079	5.9138	5.0394	0.6753	-0.5623	6.5950
5.1261	0.5552	-0.5153	6.0077	5.0406	0.6736	-0.5755	6.7624
5.1212	0.5619	-0.5109	5.9506	5.0439	0.6690	-0.5403	6.3171
5.1193	0.5646	-0.5215	6.0853	5.0385	0.6766	-0.5781	6.7959
5.1219	0.5610	-0.5168	6.0265	5.0370	0.6785	-0.5479	6.4127
5.1235	0.5588	-0.5185	6.0477	5.0381	0.6770	-0.5767	6.7770
5.1222	0.5606	-0.5139	5.9894	5.0370	0.6785	-0.5654	6.6348
5.1225	0.5601	-0.5169	6.0274	5.0370	0.6785	-0.5858	6.8924
5.1186	0.5655	-0.5170	6.0282	5.0409	0.6732	-0.5842	6.8731
5.1144	0.5714	-0.4813	5.5752	5.0355	0.6807	-0.5652	6.6321
5.1228	0.5597	-0.5140	5.9903	5.0349	0.6815	-0.5476	6.4092
5.1251	0.5565	-0.5137	5.9874	5.0343	0.6824	-0.5825	6.8510
5.1157	0.5696	-0.5172	6.0302	5.0364	0.6794	-0.5813	6.8360
5.1164	0.5686	-0.5005	5.8183	5.0310	0.6869	-0.5638	6.6136
5.1222	0.5606	-0.5184	6.0457	5.0326	0.6848	-0.5640	6.6159
5.1203	0.5632	-0.5196	6.0619	5.0326	0.6848	-0.5698	6.6897
5.1203	0.5632	-0.5137	5.9869	5.0265	0.6931	-0.5856	6.8892
5.1132	0.5731	-0.4902	5.6874	5.0298	0.6886	-0.5999	7.0701
5.1144	0.5714	-0.5155	6.0094	5.0120	0.7133	-0.6292	7.4399
5.1170	0.5677	-0.5109	5.9506	4.9973	0.7336	-0.6347	7.5081
5.1174	0.5672	-0.4827	5.5926	4.9791	0.7588	-0.6546	7.7575
5.1174	0.5673	-0.5124	5.9699	4.9568	0.7897	-0.6319	7.4679
5.1206	0.5628	-0.5123	5.9682	4.9607	0.7843	-0.6446	7.6289
5.1138	0.5723	-0.4992	5.8015	4.9597	0.7857	-0.6416	7.5906
5.1177	0.5668	-0.5199	6.0644	4.9485	0.8012	-0.6504	7.7014
5.1122	0.5744	-0.5183	6.0440	4.9473	0.8029	-0.6304	7.4479
5.1194	0.5645	-0.5151	6.0041	4.9422	0.8099	-0.6502	7.6978
5.1147	0.5709	-0.4768	5.5186	4.9428	0.8091	-0.6545	7.7526
5.1158	0.5694	-0.5137	5.9865	4.9419	0.8103	-0.6331	7.4813
5.1113	0.5757	-0.5108	5.9486	4.9414	0.8111	-0.6486	7.6776
5.1122	0.5744	-0.5153	6.0065	4.9378	0.8160	-0.6473	7.6614
5.1203	0.5632	-0.5152	6.0057	4.9369	0.8173	-0.6358	7.5159
5.1131	0.5731	-0.5006	5.8195	4.9381	0.8156	-0.6445	7.6253
5.1170	0.5677	-0.5109	5.9506	4.9372	0.8169	-0.6472	7.6596
5.1144	0.5714	-0.4813	5.5752	4.9333	0.8222	-0.6130	7.2270
5.1083	0.5798	-0.5565	6.5287	4.9330	0.8226	-0.6273	7.4082
5.0827	0.6152	-0.5771	6.7875	4.9360	0.8185	-0.6257	7.3874
5.0592	0.6478	-0.5639	6.6180	4.9277	0.8301	-0.6329	7.4784
5.0634	0.6420	-0.5799	6.8202	4.9304	0.8263	-0.6518	7.7169
5.0554	0.6532	-0.5450	6.3776	4.9345	0.8206	-0.6375	7.5371
5.0508	0.6595	-0.5713	6.7102	4.9322	0.8238	-0.6186	7.2976
5.0460	0.6661	-0.5698	6.6910	4.9304	0.8263	-0.6233	7.3566
5.0476	0.6639	-0.5510	6.4529	4.9324	0.8235	-0.6329	7.4787
5.0416	0.6723	-0.5858	6.8934	4.9336	0.8218	-0.6473	7.6608
5.0410	0.6731	-0.5508	6.4493	4.9286	0.8288	-0.6344	7.4973

DEFORMACION	DEFORMACION	FUERZA A	ESFUERZO	DEFORMACION	DEFORMACION	FUERZA A	ESFUERZO
volts	UNITARIA	Volts	NORMAL	volts	UNITARIA	Volts	NORMAL
	%		kg/cm ²		%		kg/cm ²
4.9283	0.8292	-0.6472	7.6593	4.7770	1.0387	-0.6993	8.3005
4.9298	0.8271	-0.6304	7.4459	4.7805	1.0339	-0.6789	8.0433
4.9248	0.8341	-0.6145	7.2454	4.7796	1.0352	-0.6743	7.9844
4.9212	0.8390	-0.6190	7.3008	4.7796	1.0352	-0.6758	8.0033
4.9295	0.8275	-0.6713	7.9637	4.7828	1.0307	-0.6861	8.1344
4.9073	0.8582	-0.6545	7.7488	4.7837	1.0294	-0.6967	8.2680
4.8875	0.8857	-0.6845	8.1259	4.7797	1.0351	-0.6923	8.2116
4.8504	0.9371	-0.7205	8.5768	4.7787	1.0364	-0.6921	8.2095
4.8334	0.9606	-0.6954	8.2572	4.7778	1.0376	-0.6770	8.0190
4.8141	0.9874	-0.7278	8.6641	4.7817	1.0323	-0.6904	8.1887
4.7969	1.0113	-0.7027	8.3447	4.7782	1.0371	-0.6571	7.7674
4.7881	1.0234	-0.7337	8.7357	4.7791	1.0359	-0.6907	8.1916
4.7875	1.0243	-0.7351	8.7530	4.7831	1.0303	-0.6682	7.9079
4.7755	1.0409	-0.6952	8.2485	4.7788	1.0363	-0.6892	8.1722
4.7761	1.0400	-0.7309	8.6992	4.7808	1.0335	-0.6939	8.2323
4.7778	1.0376	-0.7069	8.3956	4.7800	1.0347	-0.6863	8.1368
4.7808	1.0335	-0.6849	8.1191	4.7752	1.0413	-0.6757	8.0024
4.7787	1.0364	-0.7248	8.6217	4.7744	1.0424	-0.6891	8.1713
4.7788	1.0363	-0.6877	8.1533	4.7834	1.0299	-0.6862	8.1355
4.7791	1.0359	-0.7204	8.5666	4.7794	1.0355	-0.6848	8.1167
4.7823	1.0314	-0.7202	8.5649	4.7790	1.0360	-0.6862	8.1346
4.7840	1.0290	-0.7161	8.5123	4.7750	1.0416	-0.6474	7.6445
4.7752	1.0413	-0.7027	8.3423	4.7802	1.0344	-0.6804	8.0613
4.7741	1.0428	-0.7159	8.5086	4.7846	1.0283	-0.6684	7.9106
4.7796	1.0352	-0.6937	8.2300	4.7781	1.0372	-0.6650	7.8678
4.7782	1.0372	-0.7084	8.4153	4.7747	1.0420	-0.6802	8.0586
4.7758	1.0404	-0.6713	7.9471	4.7732	1.0441	-0.6570	7.7664
4.7755	1.0408	-0.6982	8.2865	4.7802	1.0344	-0.6789	8.0423
4.7787	1.0364	-0.7144	8.4910	4.7805	1.0340	-0.6789	8.0429
4.7761	1.0400	-0.7132	8.4753	4.7790	1.0360	-0.6787	8.0402
4.7694	1.0493	-0.6980	8.2826	4.7755	1.0408	-0.6803	8.0602
4.7806	1.0338	-0.7037	8.3560	4.7787	1.0364	-0.6816	8.0774
4.7738	1.0432	-0.6860	8.1324	4.7770	1.0387	-0.6555	7.7473
4.7761	1.0400	-0.6774	8.0235	4.7755	1.0408	-0.6531	7.7171
4.7785	1.0367	-0.7010	8.3221	4.7796	1.0352	-0.6788	8.0412
4.7784	1.0368	-0.6876	8.1524	4.7796	1.0352	-0.6758	8.0033
4.7779	1.0375	-0.6980	8.2835	4.7828	1.0307	-0.6741	7.9831
4.7764	1.0396	-0.7088	8.4197	4.7761	1.0400	-0.6819	8.0802
4.7808	1.0335	-0.6669	7.8918	4.7741	1.0428	-0.6621	7.8299
4.7790	1.0360	-0.6667	7.8885	4.7799	1.0348	-0.6698	7.9281
4.7752	1.0413	-0.6997	8.3047	4.7820	1.0319	-0.6725	7.9626
4.7802	1.0344	-0.6759	8.0045	4.7834	1.0299	-0.6772	8.0222
4.7767	1.0392	-0.7044	8.3640	4.7764	1.0396	-0.6589	7.7902
4.7755	1.0408	-0.7012	8.3241	4.7791	1.0359	-0.6787	8.0406
4.7837	1.0294	-0.6952	8.2492	4.7778	1.0376	-0.6695	7.9242
4.7758	1.0404	-0.6623	7.8331	4.7752	1.0413	-0.6863	8.1352
4.7805	1.0340	-0.6608	7.8151	4.7741	1.0428	-0.6741	7.9817
4.7791	1.0359	-0.6996	8.3045	4.7779	1.0375	-0.6875	8.1517

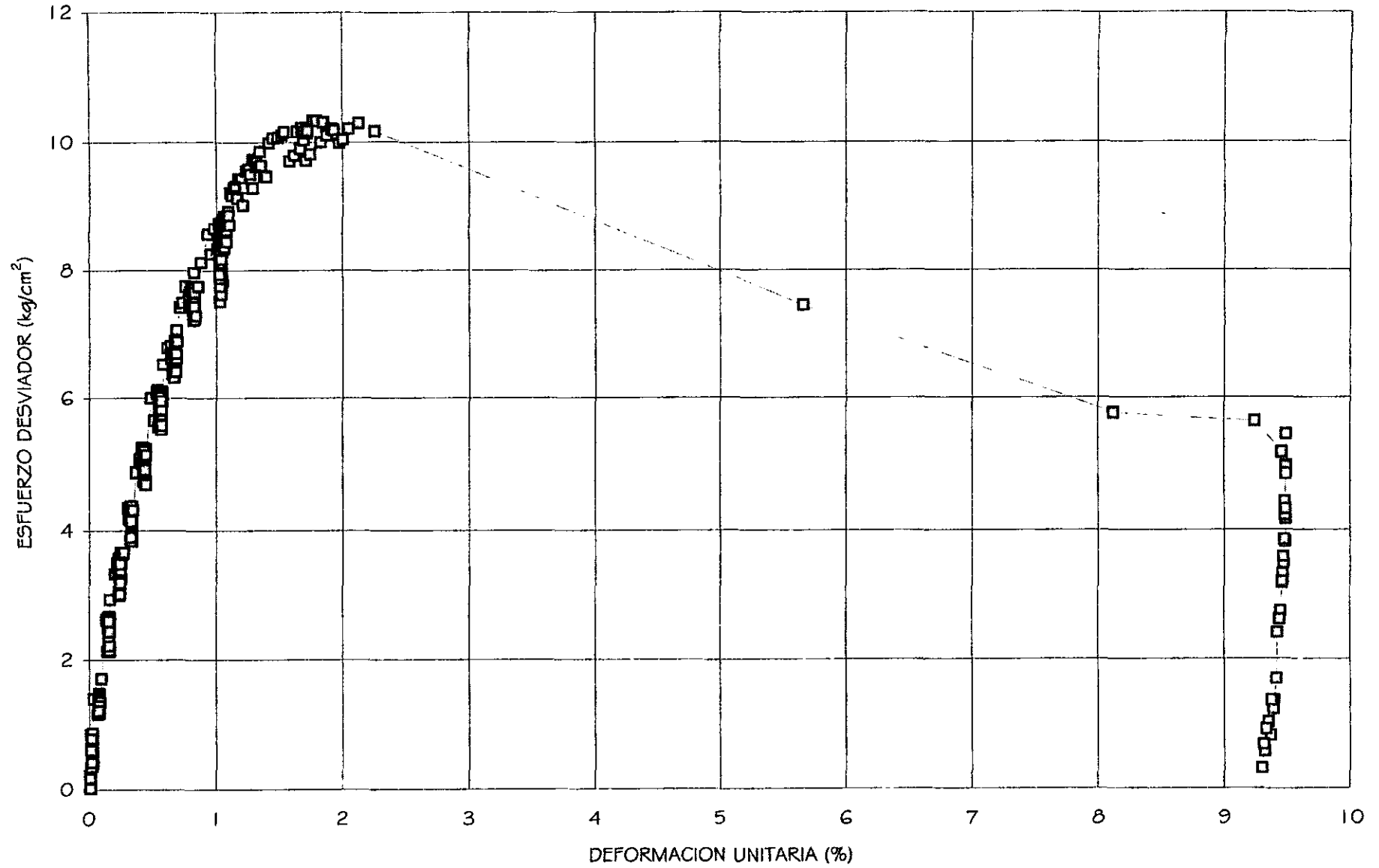
DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL	DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	FUERZA A	ESFUERZO NORMAL
volts	%	Volts	kg/cm ²	volts	%	Volts	kg/cm ²
4.7788	1.0363	-0.6862	8.1345	4.7487	1.0779	-0.7293	8.6750
4.7747	1.0420	-0.6877	8.1534	4.7450	1.0832	-0.7308	8.6943
4.7770	1.0387	-0.6919	8.2065	4.7453	1.0828	-0.7117	8.4523
4.7750	1.0416	-0.6622	7.8320	4.7447	1.0836	-0.7338	8.7308
4.7711	1.0469	-0.6773	8.0219	4.7429	1.0860	-0.7291	8.6715
4.7782	1.0372	-0.6816	8.0767	4.7395	1.0908	-0.7454	8.8769
4.7755	1.0408	-0.6938	8.2300	4.7424	1.0867	-0.7261	8.6334
4.7782	1.0371	-0.6514	7.6959	4.7420	1.0872	-0.7370	8.7710
4.7673	1.0522	-0.6623	7.8323	4.7365	1.0948	-0.7500	8.9348
4.7779	1.0375	-0.6950	8.2459	4.7352	1.0967	-0.7454	8.8765
4.7791	1.0359	-0.6907	8.1916	4.7276	1.1073	-0.7323	8.7107
4.7785	1.0367	-0.6681	7.9068	4.7253	1.1104	-0.7730	9.2228
4.7747	1.0420	-0.6529	7.7148	4.7167	1.1223	-0.7701	9.1851
4.7744	1.0424	-0.6816	8.0769	4.7053	1.1380	-0.7790	9.2970
4.7831	1.0303	-0.6757	8.0027	4.6950	1.1524	-0.7817	9.3286
4.7755	1.0408	-0.6713	7.9466	4.6865	1.1641	-0.7672	9.1450
4.7787	1.0364	-0.6681	7.9069	4.6784	1.1753	-0.7905	9.4375
4.7834	1.0299	-0.6592	7.7944	4.6623	1.1977	-0.7907	9.4378
4.7837	1.0296	-0.6374	7.5197	4.6528	1.2108	-0.7586	9.0320
4.7831	1.0303	-0.6591	7.7938	4.6440	1.2231	-0.7803	9.3054
4.7781	1.0372	-0.6458	7.6249	4.6359	1.2342	-0.8007	9.5604
4.7837	1.0294	-0.6558	7.7521	4.6203	1.2558	-0.8024	9.5801
4.7829	1.0306	-0.6651	7.8694	4.6109	1.2689	-0.7965	9.5043
4.7834	1.0299	-0.6697	7.9274	4.5977	1.2871	-0.7805	9.3016
4.7747	1.0420	-0.6847	8.1157	4.5973	1.2878	-0.8150	9.7361
4.7791	1.0359	-0.6967	8.2669	4.5801	1.3116	-0.8136	9.7157
4.7738	1.0432	-0.6890	8.1701	4.5756	1.3178	-0.8064	9.6241
4.7779	1.0375	-0.7114	8.4525	4.5745	1.3193	-0.8119	9.6938
4.7753	1.0411	-0.7220	8.5860	4.5674	1.3291	-0.8065	9.6241
4.7708	1.0473	-0.7071	8.3980	4.5552	1.3460	-0.8252	9.8583
4.7702	1.0481	-0.7130	8.4718	4.5500	1.3533	-0.8078	9.6387
4.7673	1.0522	-0.7102	8.4364	4.5312	1.3792	-0.7953	9.4791
4.7744	1.0424	-0.7263	8.6401	4.5191	1.3961	-0.7947	9.4692
4.7706	1.0476	-0.7234	8.6035	4.5032	1.4181	-0.8364	9.9920
4.7683	1.0509	-0.7127	8.4681	4.4796	1.4508	-0.8425	10.0647
4.7627	1.0586	-0.7117	8.4544	4.4503	1.4913	-0.8434	10.0719
4.7659	1.0542	-0.7130	8.4712	4.4272	1.5233	-0.8468	10.1122
4.7653	1.0549	-0.7365	8.7683	4.4164	1.5383	-0.8507	10.1594
4.7668	1.0529	-0.7397	8.8084	4.3866	1.5796	-0.8152	9.7098
4.7627	1.0586	-0.7412	8.8270	4.3596	1.6171	-0.8223	9.7941
4.7589	1.0638	-0.7028	8.3426	4.3423	1.6409	-0.8522	10.1673
4.7613	1.0606	-0.7439	8.8611	4.3239	1.6665	-0.8307	9.8947
4.7569	1.0666	-0.7040	8.3573	4.3127	1.6820	-0.8566	10.2183
4.7522	1.0731	-0.7188	8.5433	4.3057	1.6917	-0.8518	10.1574
4.7583	1.0646	-0.7383	8.7894	4.3026	1.6959	-0.8422	10.0358
4.7534	1.0715	-0.7426	8.8432	4.2940	1.7078	-0.8165	9.7126
4.7531	1.0719	-0.7263	8.6383	4.2851	1.7202	-0.8506	10.1394
4.7523	1.0730	-0.7321	8.7112	4.2810	1.7259	-0.8535	10.1749

DEFORMACION	DEFORMACION	FUERZA A	ESFUERZO
volts	UNITARIA	Volts	NORMAL
	%		kg/cm ²
4.2681	1.7438	-0.8251	9.8167
4.2502	1.7685	-0.8661	10.3285
4.2302	1.7962	-0.8664	10.3295
4.2067	1.8288	-0.8405	10.0019
4.1901	1.8518	-0.8647	10.3021
4.1699	1.8798	-0.8494	10.1078
4.1430	1.9170	-0.8577	10.2070
4.1305	1.9343	-0.8563	10.1880
4.1008	1.9755	-0.8407	9.9889
4.0798	2.0046	-0.8450	10.0397
4.0456	2.0520	-0.8591	10.2104
3.9884	2.1312	-0.8665	10.2950
3.8965	2.2585	-0.8580	10.1753
1.4394	5.6622	-0.6617	7.4594
-0.1739	8.1228	-0.5331	5.7587
-0.9616	9.2451	-0.5287	5.6376
-1.1122	9.4596	-0.4886	5.1612
-1.1368	9.4948	-0.5124	5.4338
-1.1339	9.4906	-0.4615	4.8471
-1.1365	9.4944	-0.4721	4.9686
-1.1342	9.4911	-0.4706	4.9518
-1.1347	9.4917	-0.4647	4.8831
-1.1337	9.4904	-0.4705	4.9509
-1.1342	9.4910	-0.4616	4.8475
-1.1282	9.4826	-0.4251	4.4270
-1.1342	9.4911	-0.4024	4.1639
-1.1293	9.4841	-0.4069	4.2172
-1.1329	9.4892	-0.4147	4.3070
-1.1294	9.4842	-0.3715	3.8085
-1.1237	9.4761	-0.3745	3.8434
-1.1220	9.4736	-0.3420	3.4678
-1.1191	9.4696	-0.3513	3.5755
-1.1161	9.4652	-0.3200	3.2139
-1.1151	9.4638	-0.3279	3.3061
-1.1119	9.4593	-0.3153	3.1602
-1.1128	9.4605	-0.3170	3.1794
-1.1050	9.4494	-0.2773	2.7221
-1.0996	9.4417	-0.2662	2.5933
-1.0868	9.4235	-0.2485	2.3895
-1.0798	9.4136	-0.1873	1.6836
-1.0685	9.3974	-0.1583	1.3487
-1.0664	9.3944	-0.1476	1.2246
-1.0538	9.3765	-0.1591	1.3580
-1.0497	9.3707	-0.1132	0.8272
-1.0373	9.3529	-0.1308	1.0308
-1.0245	9.3348	-0.1214	0.9226
-1.0163	9.3231	-0.0916	0.5785
-1.0122	9.3172	-0.1011	0.6877
-1.0002	9.3001	-0.0687	0.3139

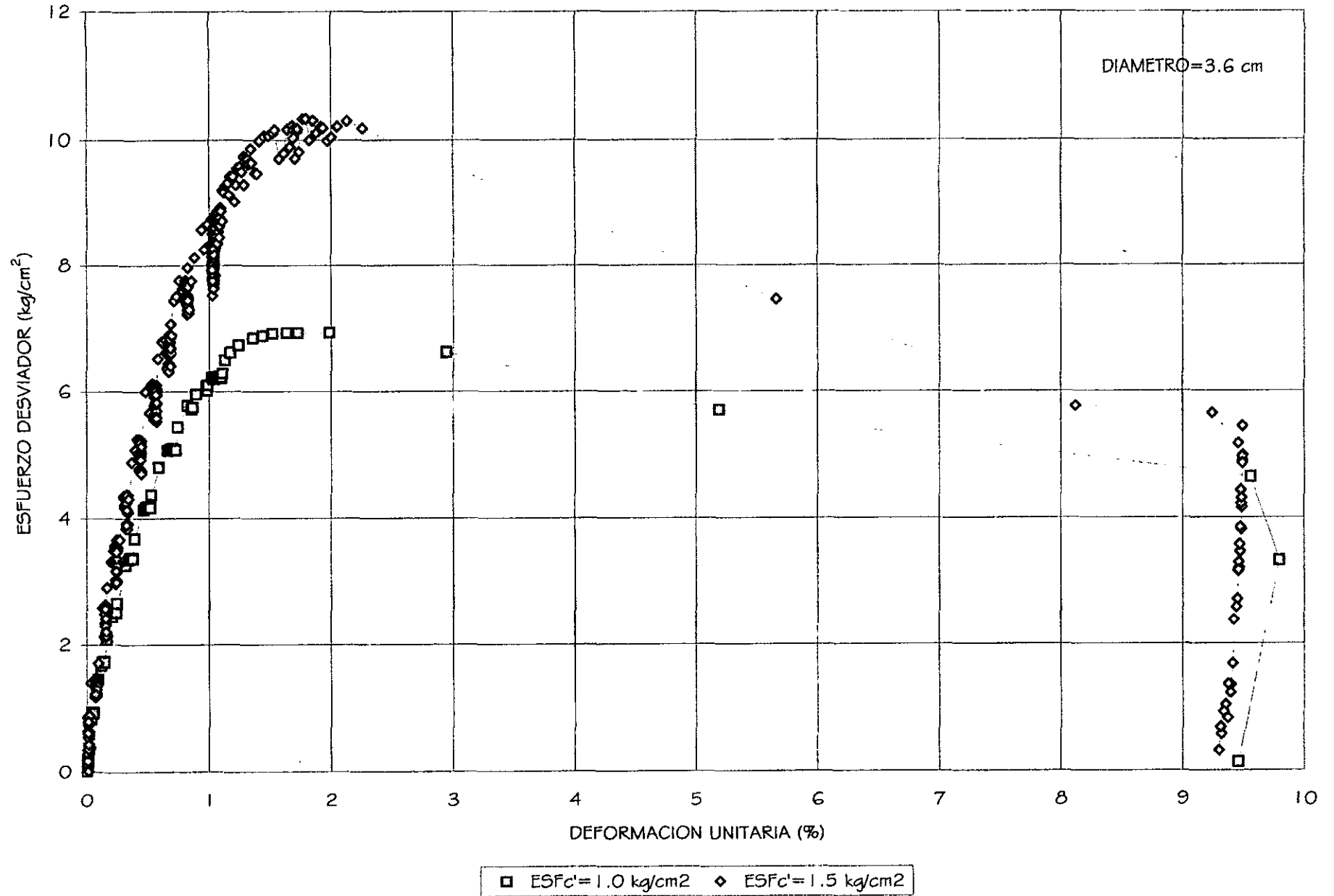
MUESTRA SECA

ESFUERZO EFECTIVO CONFINANTE= 1.5 kg/cm²

DIAMETRO=3.6 cm

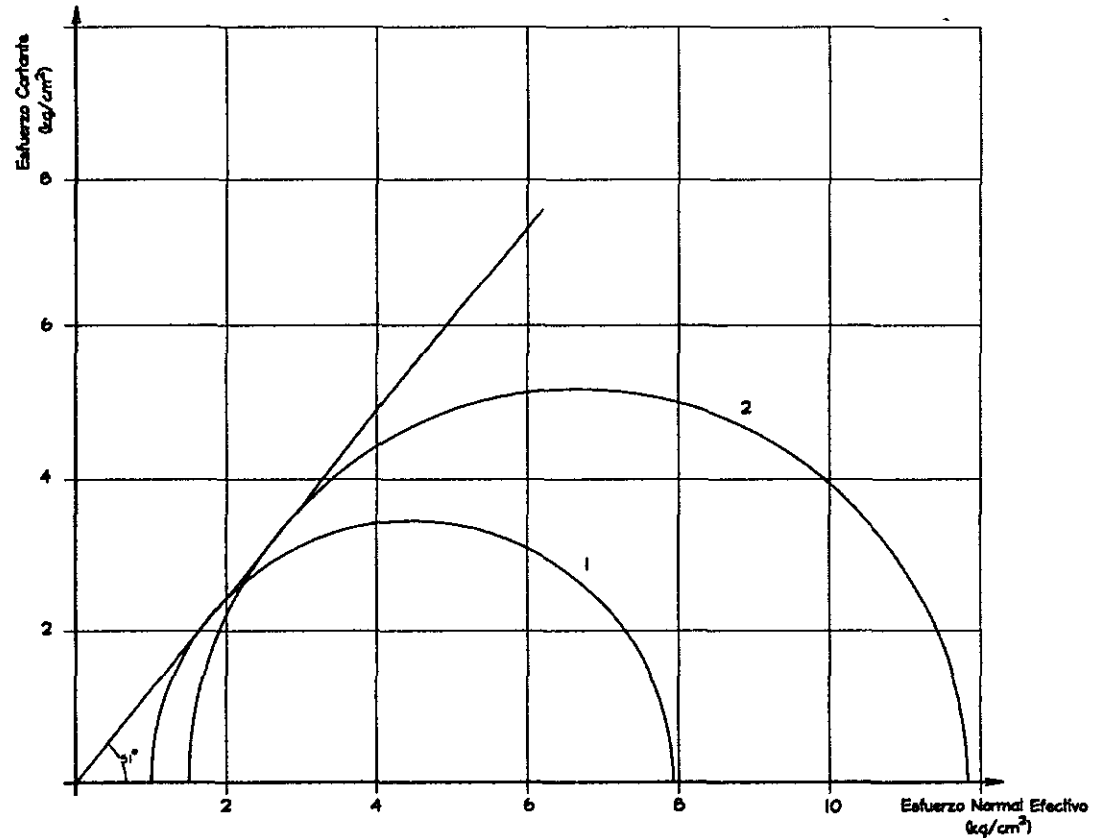


MUESTRAS SECAS



PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

PRUEBA	σ_1	σ_3	CONSOLIDADA - DRENADA
No.	kg/cm ²	kg/cm ²	
1	7.929	1.000	ESTUDIO : <u>AV. CONSCRIPTO No. 311</u> <u>MEXICO, D.F.</u> SONDEO : <u>SM-1</u> MUESTRA : <u>02</u> PROFUNDIDAD DE 12.80 A 13.80 m.
2	11.829	1.500	
3	/	/	
4	/	/	



GRAFICA No. V.I.C.- CIRCULOS DE MOHR DE ESFUERZOS EFECTIVOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)

MUESTRA SATURADA

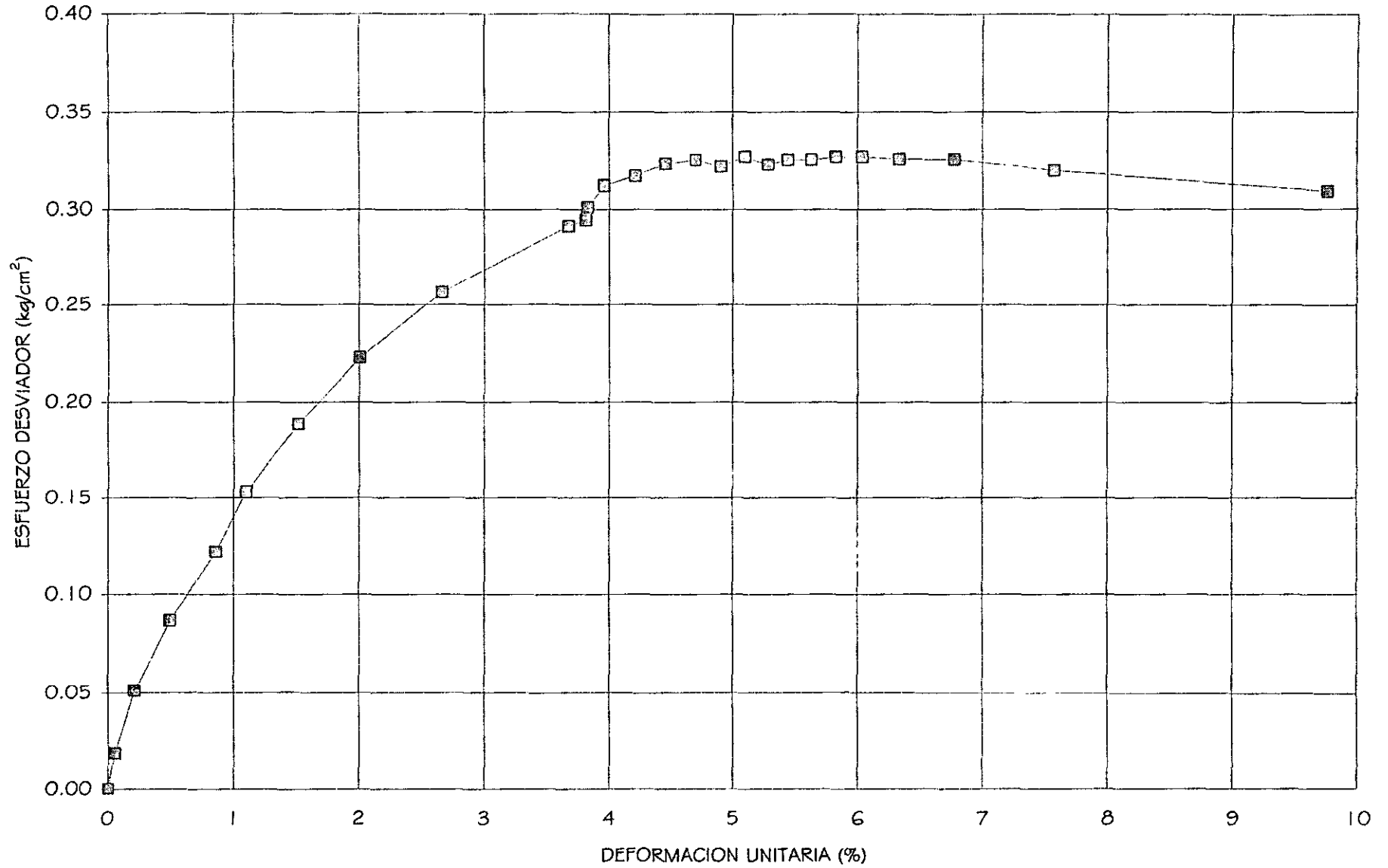
Descripción del suelo:	Arcilla café claro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	ADO, México, D.F. Sondeo: SM-2. Muestra: 33. Profundidad de: 9.10 a 9.40 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	0.5	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area;	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A=π*D ² /4 (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	BURETA	DEFORMACION VOLUMETRICA.	D.V.U	AREA CORREGIDA.	CELDA DE CARGA.	ESFUERZO NORMAL
volts	%	cm	cm ³	%	cm ²	volts	kg/cm ²
6.5611	0.0000	9.7500	0.0000	0.0000	10.0841	0.0678	0.0000
6.5122	0.0540	9.8000	0.0169	0.0191	10.0876	-0.0784	0.0186
6.3701	0.2109	9.9000	0.0508	0.0574	10.0996	-0.3356	0.0512
6.1149	0.4927	10.0500	0.1015	0.1148	10.1223	-0.6144	0.0865
5.7831	0.8592	10.1000	0.1184	0.1339	10.1577	-0.8931	0.1219
5.5632	1.1020	10.1250	0.1269	0.1435	10.1816	-1.1416	0.1534
5.1863	1.5183	10.0500	0.1015	0.1148	10.2276	-1.4158	0.1882
4.7447	2.0059	9.8500	0.0338	0.0383	10.2865	-1.6890	0.2228
4.1527	2.6597	9.4750	-0.0930	-0.1052	10.3709	-1.9525	0.2563
3.2318	3.6768	8.6000	-0.3891	-0.4400	10.5170	-2.2285	0.2913
3.1063	3.8154	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.5427	-2.2517	0.2942
3.0953	3.8275	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.5440	-2.3042	0.3009
2.9769	3.9583	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.5584	-2.4312	0.3120
2.7486	4.2104	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.5864	-2.4312	0.3170
2.5288	4.4531	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.6134	-2.4812	0.3233
2.3054	4.6998	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.6410	-2.4959	0.3252
2.1174	4.9075	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.6644	-2.4690	0.3218
1.9429	5.1002	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.6862	-2.5081	0.3267
1.7756	5.2850	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.7072	-2.4776	0.3229
1.6316	5.4440	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.7253	-2.4971	0.3253
1.4607	5.6328	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.7468	-2.4971	0.3253
1.2836	5.8283	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.7693	-2.5081	0.3267
1.0920	6.0399	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.7937	-2.5093	0.3269
0.8234	6.3366	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.8281	-2.4995	0.3257
0.4254	6.7761	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.8794	-2.4983	0.3255
-0.2973	7.5742	8.3500	-0.4737	-0.5356	10.9739	-2.4544	0.3199
-2.2810	9.7650	8.3500	-0.4737	-0.5356	11.2419	-2.3713	0.3094

MUESTRA SATURADA

ESFUERZO EFECTIVO CONFINANTE = 0.5 Kg/cm²

DIAMETRO = 3.6 cm





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)

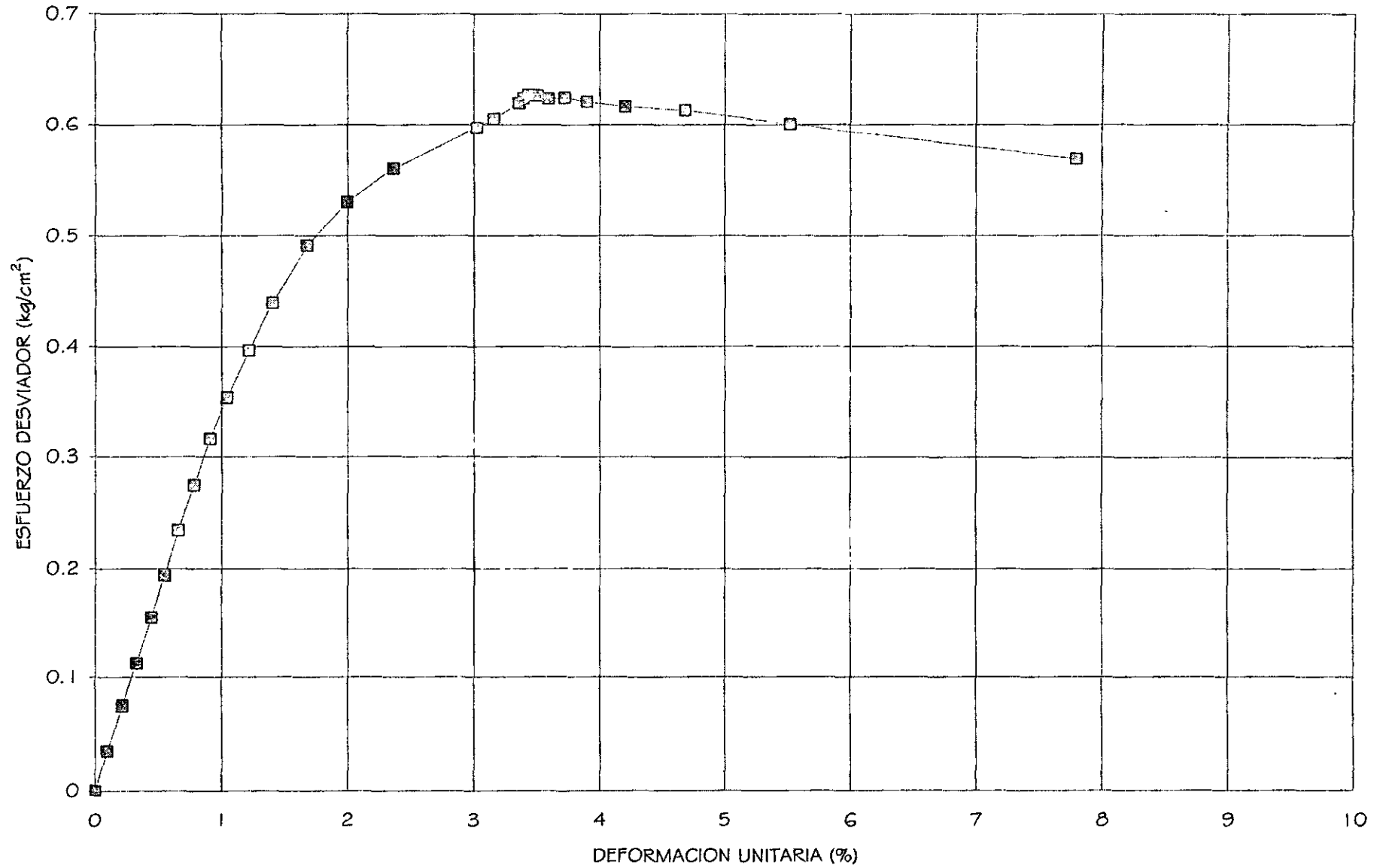
Descripción del suelo:	Arcilla café claro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	ADO, México, D.F. Sondeo: SM-2. Muestra:33. Profundidad de: 9.10 a 9.40 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	1.0	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area;	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.			A=π*D ² /4 (cm ²):	
Fecha:	Mar-99				

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	BURETA	DEFORMACION VOLUMETRICA.	D.V.U	AREA CORREGIDA.	CELDA DE CARGA.	ESFUERZO NORMAL
volts	%	cm	cm ³	%	cm ²	volts	kg/cm ²
4.9602	0.0000	14.0000	0.0000	0.0000	9.9603	-0.0010	0.0000
4.8747	0.0930	14.2000	0.0677	0.0763	9.9619	-0.1363	0.0348
4.7620	0.2156	14.3500	0.1184	0.1335	9.9684	-0.2897	0.0742
4.6607	0.3259	14.5000	0.1692	0.1906	9.9737	-0.4389	0.1125
4.5520	0.4441	14.5750	0.1946	0.2192	9.9826	-0.6019	0.1543
4.4574	0.5469	14.6500	0.2199	0.2478	9.9900	-0.7550	0.1934
4.3551	0.6582	14.7000	0.2368	0.2669	9.9993	-0.9179	0.2350
4.2442	0.7789	14.7200	0.2436	0.2745	10.0106	-1.0775	0.2756
4.1247	0.9089	14.7000	0.2368	0.2669	10.0245	-1.2372	0.3160
4.0031	1.0412	14.6750	0.2284	0.2574	10.0388	-1.3850	0.3533
3.8422	1.2162	14.5750	0.1946	0.2192	10.0605	-1.5565	0.3962
3.6716	1.4017	14.4500	0.1523	0.1716	10.0843	-1.7289	0.4391
3.4171	1.6785	14.0000	0.0000	0.0000	10.1303	-1.9411	0.4908
3.1281	1.9930	13.5750	-0.1438	-0.1620	10.1797	-2.1075	0.5303
2.7883	2.3626	13.0250	-0.3299	-0.3718	10.2403	-2.2390	0.5601
2.1766	3.0280	11.7000	-0.7782	-0.8770	10.3645	-2.4152	0.5969
2.0568	3.1583	11.3000	-0.9136	-1.0295	10.3949	-2.4562	0.6053
1.8721	3.3592	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4289	-2.5227	0.6197
1.8403	3.3938	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4327	-2.5423	0.6243
1.8025	3.4349	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4372	-2.5557	0.6273
1.7378	3.5053	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4449	-2.5557	0.6268
1.6560	3.5943	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4547	-2.5459	0.6238
1.5388	3.7218	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4667	-2.5533	0.6248
1.3752	3.8997	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.4883	-2.5435	0.6212
1.0969	4.2025	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.5218	-2.5323	0.6165
0.6574	4.6805	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.5752	-2.5313	0.6132
-0.1190	5.5251	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.6709	-2.5008	0.6004
-2.2066	7.7959	11.0000	-1.0151	-1.1439	10.9369	-2.4287	0.5689

MUESTRA SATURADA

ESFUERZO EFECTIVO CONFINANTE = 1.0 kg/cm²

DIAMETRO = 3.6 cm





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)

Descripción del suelo:	Arcilla café claro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	ADO, México, D.F. Sondeo: SM-2. Muestra:33. Profundidad de: 9.10 a 9.40 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	3.0	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area:	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.			A=π•D ² /4 (cm ²):	
Fecha:	Mar-99				

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	BURETA	DEFORMACION VOLUMETRICA.	D.V.U	AREA CORREGIDA.	CELDA DE CARGA.	ESFUERZO NORMAL
volts	%	cm	cm ³	%	cm ²	volts	kg/cm ²
4.7674	0.0000	15.6000	0.0000	0.0000	9.9312	-0.0244	0.0000
4.7257	0.0466	15.7000	0.0338	0.0392	9.9319	-0.1536	0.0666
4.6756	0.1026	15.8000	0.0677	0.0784	9.9336	-0.2847	0.1342
4.6233	0.1610	15.8750	0.0930	0.1077	9.9364	-0.4211	0.2045
4.5675	0.2234	15.9500	0.1184	0.1371	9.9397	-0.5558	0.2739
4.5067	0.2913	16.0250	0.1438	0.1665	9.9435	-0.6879	0.3418
4.4455	0.3598	16.1000	0.1692	0.1959	9.9473	-0.8211	0.4103
4.3796	0.4334	16.1750	0.1946	0.2253	9.9517	-0.9594	0.4813
4.3135	0.5073	16.2250	0.2115	0.2448	9.9571	-1.0959	0.5513
4.2410	0.5883	16.3000	0.2368	0.2742	9.9622	-1.2298	0.6198
4.1760	0.6609	16.3500	0.2538	0.2938	9.9675	-1.3547	0.6837
4.1013	0.7444	16.4000	0.2707	0.3134	9.9739	-1.4937	0.7546
4.0164	0.8393	16.4500	0.2876	0.3330	9.9814	-1.6364	0.8273
3.9358	0.9294	16.4750	0.2961	0.3428	9.9895	-1.7683	0.8942
3.8383	1.0384	16.5000	0.3045	0.3526	9.9994	-1.9145	0.9683
3.7464	1.1410	16.5000	0.3045	0.3526	10.0098	-2.0495	1.0364
3.6403	1.2596	16.5000	0.3045	0.3526	10.0217	-2.1923	1.1081
3.5331	1.3794	16.5000	0.3045	0.3526	10.0339	-2.3222	1.1731
3.4230	1.5024	16.4500	0.2876	0.3330	10.0484	-2.4510	1.2371
3.3039	1.6355	16.3750	0.2622	0.3036	10.0650	-2.5833	1.3024
3.1633	1.7926	16.3000	0.2368	0.2742	10.0841	-2.7215	1.3701
3.0063	1.9682	16.2000	0.2030	0.2351	10.1061	-2.8617	1.4382
2.8268	2.1687	16.0250	0.1438	0.1665	10.1340	-3.0074	1.5079
2.5460	2.4826	15.8000	0.0677	0.0784	10.1758	-3.1609	1.5790
2.2652	2.7964	15.3750	-0.0761	-0.0881	10.2262	-3.3636	1.6727
1.9662	3.1305	14.9000	-0.2368	-0.2742	10.2814	-3.4857	1.7246
1.5830	3.5587	14.0500	-0.5244	-0.6072	10.3629	-3.6062	1.7706
1.1619	4.0293	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4268	-3.6625	1.7874



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

PRUEBA ESTÁTICA (CD)

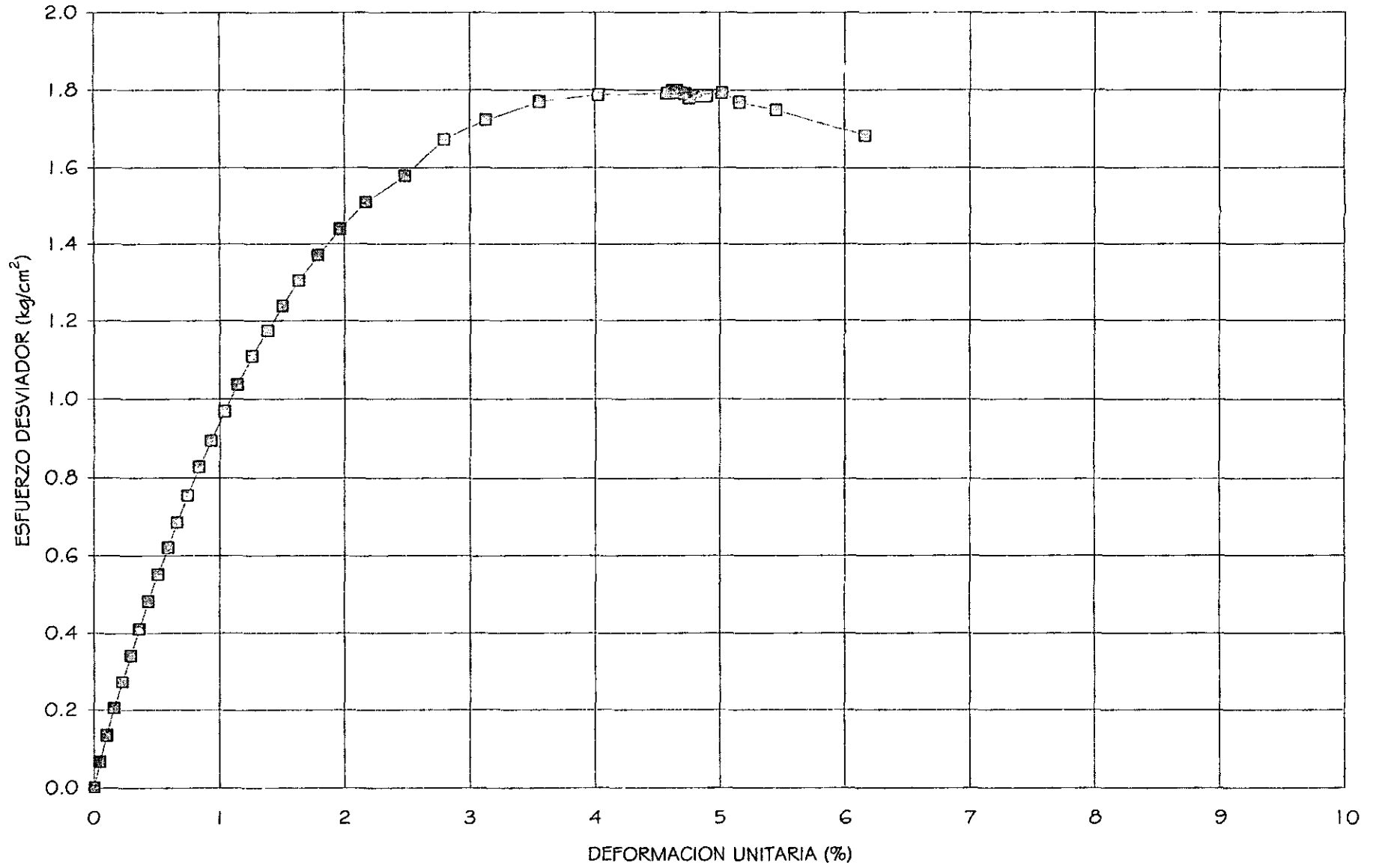
Descripción del suelo:	Arcilla café claro.		No. de espécimen:	01	
Localización:	ADO, México, D.F. Sondeo: SM-2. Muestra:33. Profundidad de: 9.10 a 9.40 m				
Peso Humedo (g):	149.8	Cont. De Humedad (%):	12%	Altura (cm):	7.620
Esfuerzo efectivo confinante (kg/cm ²):	3.0	Diámetro del espécimen (cm):	3.632	Area;	10.360
Prueba realizada por:	Alejandro Castro-Ortega.		A=π*D ² /4 (cm ²):		
Fecha:	Mar-99				

DEFORMACION	DEFORMACION UNITARIA	BURETA	DEFORMACION VOLUMETRICA.	D.V.U	AREA CORREGIDA.	CELDA DE CARGA.	ESFUERZO NORMAL
volts	%	cm	cm ³	%	cm ²	volts	kg/cm ²
0.6733	4.5754	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4869	-3.6910	1.7911
0.6354	4.6177	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4916	-3.7081	1.7986
0.6305	4.6232	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4922	-3.6959	1.7925
0.5988	4.6587	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4962	-3.7093	1.7984
0.5732	4.6873	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.4993	-3.6983	1.7925
0.5402	4.7241	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5034	-3.6947	1.7900
0.5085	4.7596	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5074	-3.6739	1.7792
0.4718	4.8005	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5119	-3.6849	1.7838
0.4242	4.8538	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5178	-3.6898	1.7852
0.3815	4.9015	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5232	-3.6898	1.7843
0.2753	5.0202	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5364	-3.7106	1.7921
0.1483	5.1621	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5523	-3.6690	1.7693
-0.1141	5.4554	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.5853	-3.6397	1.7496
-0.7477	6.1635	13.7500	-0.6260	-0.7248	10.6658	-3.5274	1.6825

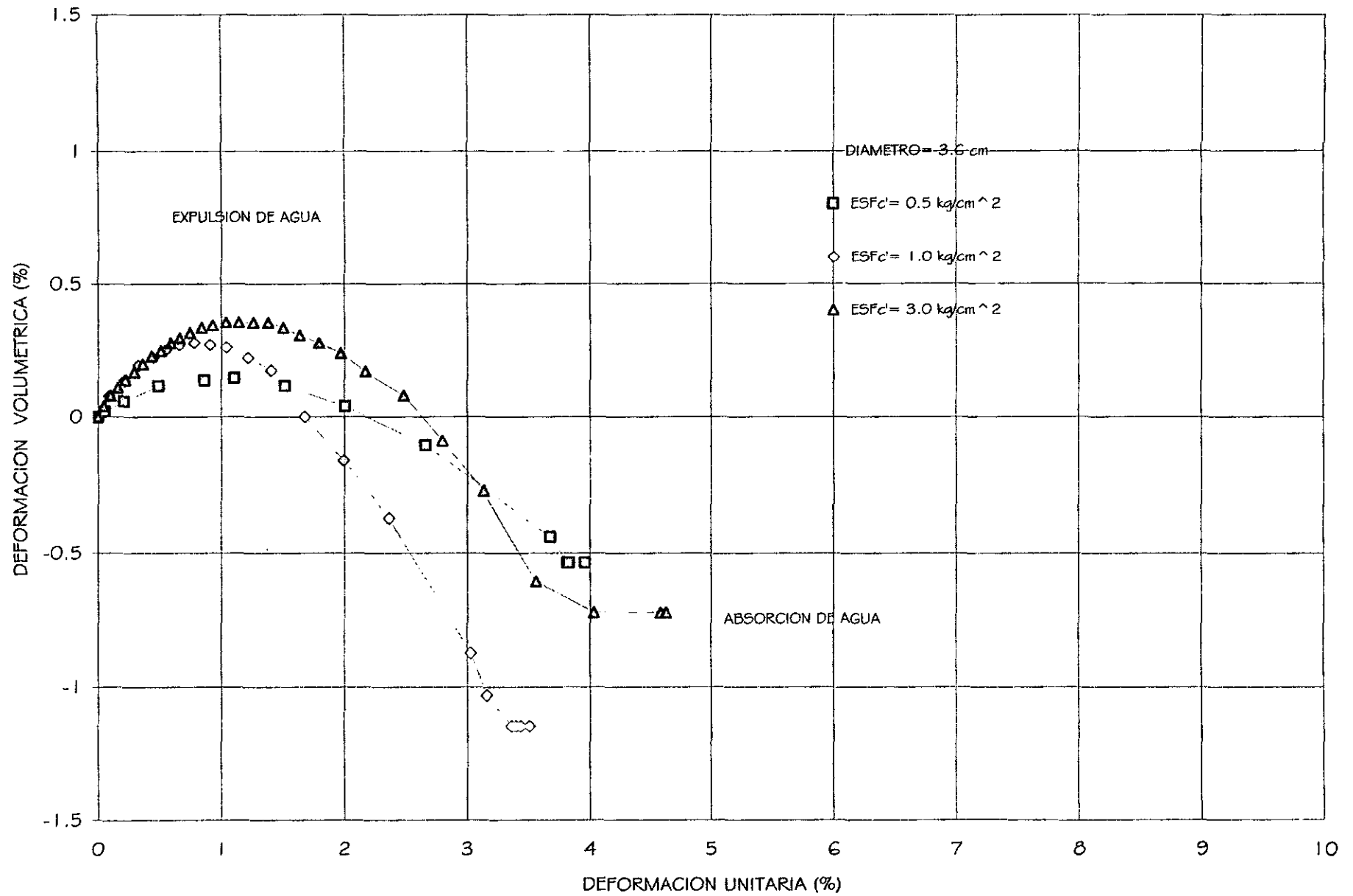
MUESTRA SATURADA

ESFUERZO EFECTIVO CONFINANTE=3.0 kg/cm²

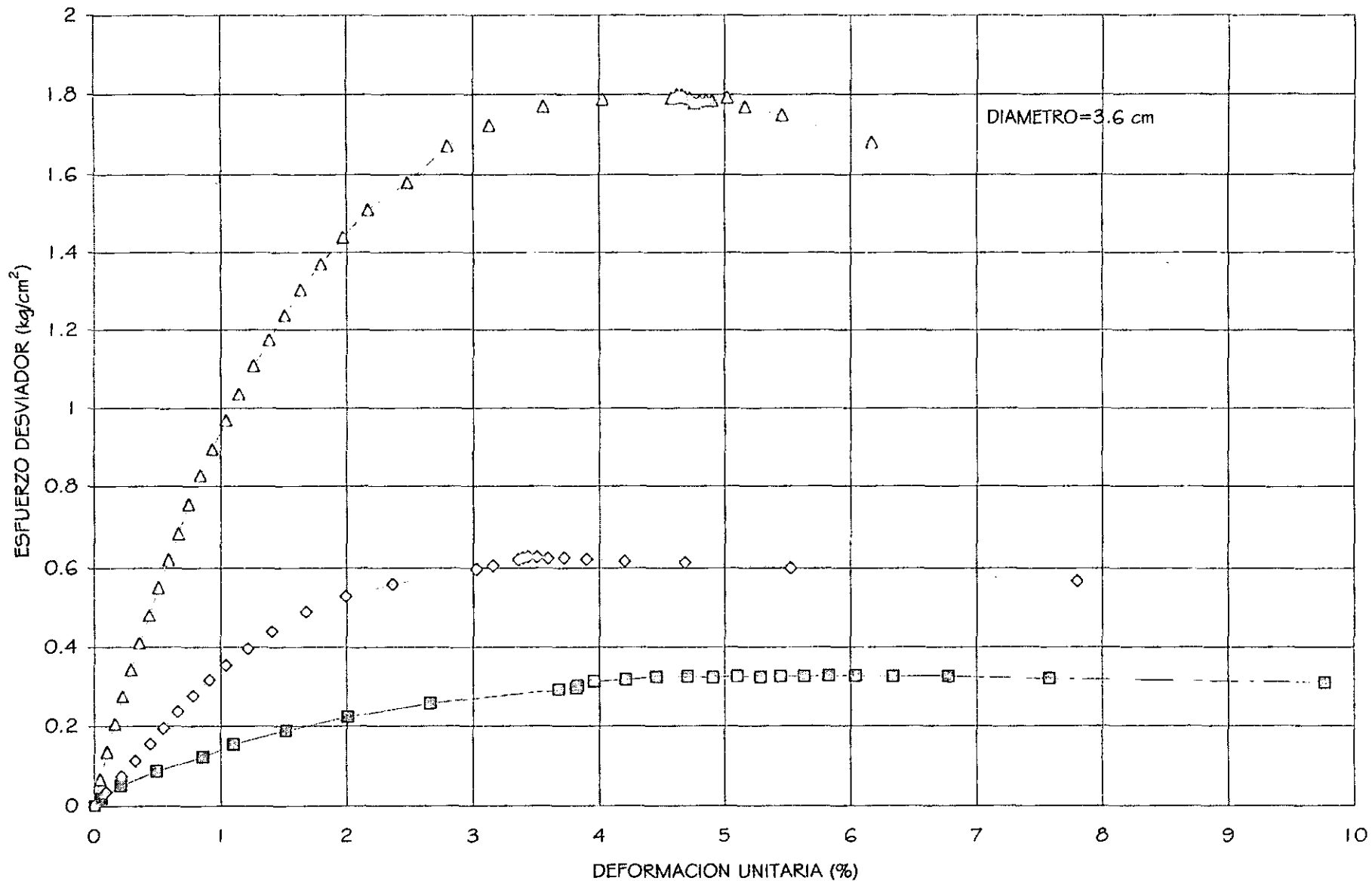
DIAMETRO= 3.6 cm



MUESTRAS SATURADAS



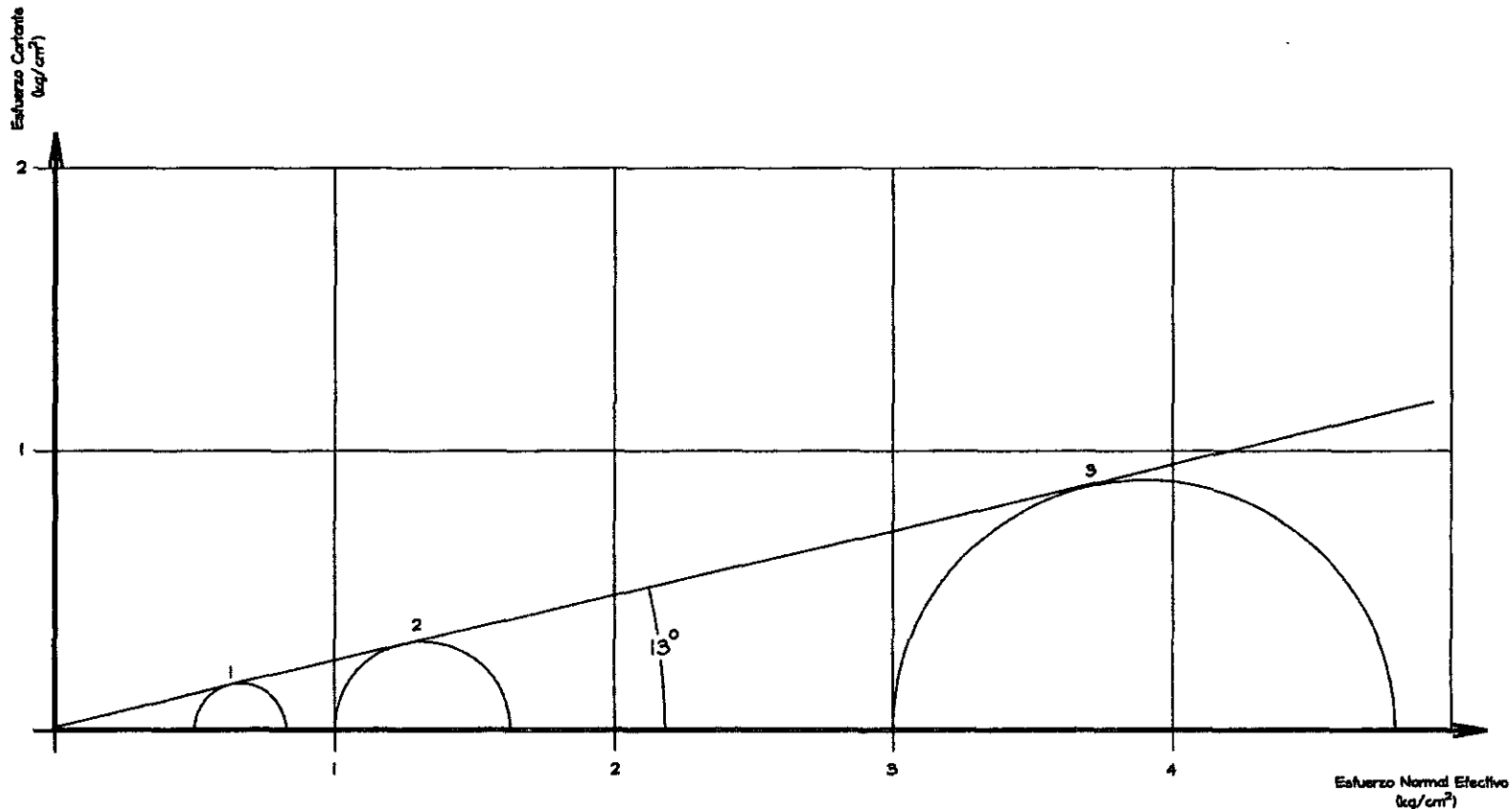
MUESTRAS SATURADAS



—■— $E_{SFc}=0.5 \text{ kg/cm}^2$ ◇ $E_{SFc}=1.0 \text{ kg/cm}^2$ △ $E_{SFc}=3.0 \text{ kg/cm}^2$

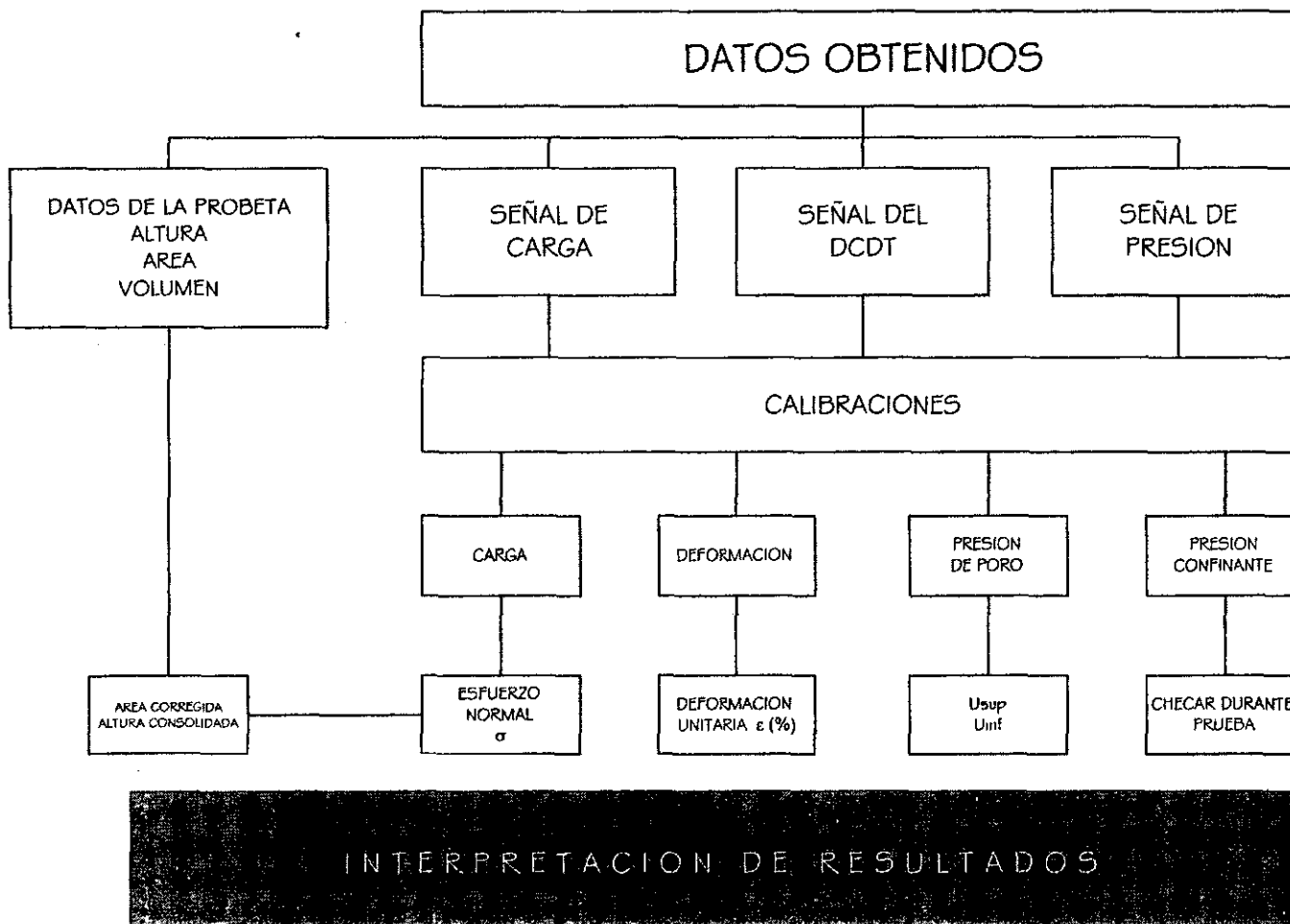
PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

PRUEBA	σ_1	σ_3	CONSOLIDADA - DRENADA	
No.	kg/cm ²	kg/cm ²		
1	0.827	0.500		ESTUDIO : <u>ADO</u>
2	1.627	1.000		<u>MEXICO, D.F.</u>
3	4.799	3.000	SONDEO : <u>SM-2</u> MUESTRA : <u>33</u>	
4			PROFUNDIDAD DE: 9.10 A 9.40 m.	



GRAFICA No. V.2C.- CIRCULOS DE MOHR DE ESFUERZOS EFECTIVOS.

V.II.- PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.



V.III.- RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados que se realizaron en la Cámara Triaxial Instrumentada Modelo FI-CTI-3610 de las siguientes pruebas:

- PRUEBA ESTÁTICA (CD)

Muestra Seca.
 Descripción del Suelo: Limo con Arena.
 No. de Espécimen: 01
 Localización: Av. Conscripto No. 311
 México D.F.
 Sondeo: SM-1
 Muestra: 02
 Profundidad: 12.80 – 13.80

- PRUEBA ESTÁTICA (CD)

Muestra Saturada.
 Descripción del Suelo: Arcilla Café Claro.
 No. de Espécimen: 01
 Localización: ADO
 México D.F.
 Sondeo: SM-2
 Muestra: 33
 Profundidad: 9.10 – 9.40

En las pruebas realizadas las características observadas son las siguientes:

- En las curvas esfuerzo – deformación se observa que a mayor esfuerzo confinante se obtiene mayor resistencia en la masa de suelo, al mismo tiempo se observa una falla plástica en el material.
- En los círculos de Mohr se obtiene la siguiente ley de resistencia respectivamente:
 - $S = \sigma \tan 51^\circ$ en términos de esfuerzos efectivo.
 - $S = \sigma \tan 13^\circ$ en términos de esfuerzos efectivo.
- A mayor esfuerzo confinante aumenta la deformación volumétrica.

VI.-COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO.

Para observar el comportamiento del equipo triaxial se hicieron varios ensayos preliminares. Como resultado de estas pruebas se hicieron modificaciones menores en los pistones neumáticos. Los pistones en sene se movieron bajo una presión de 0.25 a 0.35 kg/cm², sin que se presentaran problemas de centrado al tener montado un espécimen y producirse el contacto entre las tapas de la muestra.

El funcionamiento del equipo en conjunto es adecuado y permite hacer las pruebas para las que fue diseñado. El equipo eléctrico no presentó problemas, trabajando conforme a lo establecido. En cuanto al Sistema de Adquisición de Datos, la elección del sistema fue el adecuado que hace a la Cámara Triaxial un equipo versátil para la toma de los datos, formación de los archivos y interpretación de los resultados de las pruebas; dándonos un equipo de vanguardia con características superiores al equipo con el que se contaba el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería.

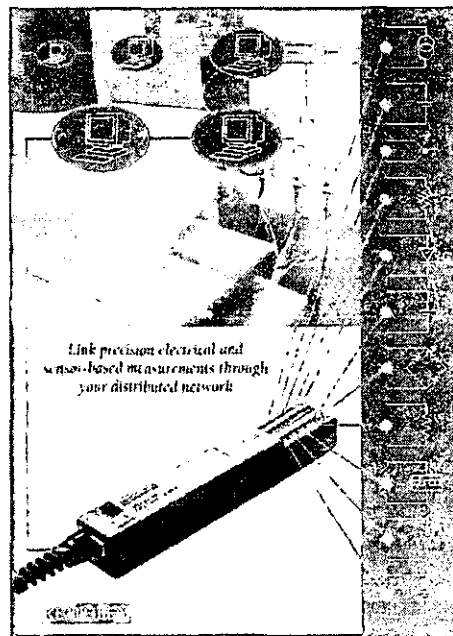


Fig. VI.1 SmartLink de la Cámara Triaxial Instrumentada.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

La obtención de las características mecánicas de los suelos mediante pruebas de laboratorio es hasta cierto punto sencillo, pero es necesario que exista correlación entre ellas. Las observaciones de campo son indispensables e importantes para elegir el tipo de prueba que mejor represente las condiciones del problema por resolver.

Debido a que no es posible obtener datos sobre las propiedades de los suelos en el sitio con gran facilidad, es necesario llevar a cabo pruebas de laboratorio en muestras que desde el momento de obtenerse ya han sido alteradas.

Los valores del ángulo de fricción interna y la cohesión son los resultados de mayor importancia en la prueba triaxial. En adición a estos parámetros, de cualquier modo, los reportes deberán incluir valores de la densidad de sólidos, contenido de humedad, grado de saturación así como el peso y la relación de diámetros del espécimen en prueba. El desarrollo de este tipo de pruebas (UU, CU y CD) con características (inalterada o remoldeada) y forma (cilíndrica o prismática) del espécimen también debe ser tomado en cuenta para incluirlo en el reporte, así como descripción del suelo y cualquier condición inusual debe ser anotada.

El valor promedio de la deformación axial de falla, y el control de deformación o el control de esfuerzo que fue usado durante la prueba debe ser indicado. Las curvas esfuerzo – deformación, la curva esfuerzo – presión de poro (si la prueba es una prueba consolidada – no drenada; CU), y el diagrama de esfuerzo cortante (círculos de Mohr) deben ser presentados en el reporte. Un esquema de falla del espécimen puede también ser incluido.

Para cualquier suelo seco, la relación de los parámetros de esfuerzo cortante pueden ser obtenidos por cualquiera de las tres pruebas triaxiales (UU, CU y CD), bajo las teorías de suelos parcialmente saturados. Para suelos saturados o suelos menos cohesivos parcialmente saturados, la prueba CD puede producir el mismo ángulo ϕ que para suelos secos, a menos que el material sea de grano muy fino (baja permeabilidad) y la prueba es desarrollada con extraordinaria rapidez al valor del esfuerzo cortante. Para cualquier suelo cohesivo saturado, los resultados son dependientes en relación a las tres pruebas triaxiales usadas. El valor de los parámetros puede ser de $\phi = 0$ y $c =$ algún valor usando la prueba UU a $\phi =$ un valor verdadero y $c = 0$ usando la prueba CD.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Los resultados pueden también depender si el suelo es normalmente consolidado, preconsolidado para el caso de muestras inalteradas o muestras reconstituidas. Para cualquier suelo cohesivo parcialmente saturado, los resultados dependen del grado de saturación y del tipo de prueba realizada. Los resultados de cualquier prueba no drenada pueden ser altamente dependientes de los grados de saturación de las muestras, presentándose rangos de $\phi = 0$ para $G_w = 100\%$ a un valor de $\phi =$ un valor mayor o igual a cero para $G_w =$ menor o igual al 99%.

Los equipos con que se lleva a cabo las pruebas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería, tienen limitaciones propias, si agregamos las deficiencias o desperfectos que puedan llegar a tener por uso, resulta impracticable estar calibrando diariamente el equipo, y tenemos que una deficiencia podría llegar a pasar desapercibida.

Todo esto da como resultado un gran número de factores que podrían conducirnos a tener errores en los resultados obtenidos de la pruebas. Esto es importante en pruebas convencionales, donde podemos de antemano tener una idea del rango de los valores que vamos a obtener, pero para pruebas no convencionales es necesario ser aún más cuidadosos con todos los detalles durante la prueba y estar conscientes de esta incertidumbre, ya que en este caso no se tiene ni siquiera una idea aproximada, ya no del el rango de valores de lo que vamos a obtener, sino de lo que vamos a obtener en sí, por lo que cualquier detalle en el montaje de la muestra, del equipo o de los sistemas de registro, podrían hacernos pasar desapercibido algún detalle del comportamiento de la muestra durante la prueba, que podría llegar a ser importante para nuestro estudio.

Por esta razón la Cámara Triaxial Instrumentada, modelo FI-CTI-3610, es un equipo que permite ampliar el conocimiento sobre el comportamiento estático y dinámico de los suelos, dándonos un equipo que cuenta con registros continuos (24 hrs.) y exactos, lo cual refleja características superiores al equipo con el que se contaba anteriormente.

Se espera que este trabajo de investigación sea de utilidad para todos los alumnos del área de Geotecnia ayudándoles a tener más claros los conceptos adquiridos en clase. Si esto se logra, se habrá cumplido con los objetivos trazados y la satisfacción de haber contribuido con la superación del nivel académico de la Facultad.

BIBLIOGRAFÍA.

- American Society for Testing and Materials (ASTM), "*1995 Annual Book of ASTM Standards – Vol. 04.08*", Philadelphia, 1995.
- Bowles, Joseph E., "*Engineering Properties of Soils and Their Measurement*", 2nd. ed., McGraw Hill Book Company, New York, 1978.
- Das, B.M., "*Principles of Geotechnical Engineering*", 5th. Edition, Engineering Press, Texas, 1997.
- Das, B.M., "*Soil Mechanics Laboratory Manual*", 3rd. Edition, PWS Publishing Company, Boston, 1994.
- Irving S. Dunn, Loren R. Anderson, and Fred W. Kiefer, "*Fundamentals of geotechnical Analysis*", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
- Jaime, P.A., Legorreta C. H.A., "*Equipo Triaxial Cíclico Controlado por Computadora*", Informe Interno del Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1989
- Taylor, R.N., "*Geotechnical Centrifuge Technology*", 1st. ed., Blackie Academic & Professional, London, 1995.



Apéndice A

- Calibración del Transductor de Presión.
- Respuesta de la Celda de Carga Omegadyne.
- Calibración del Transductor de Desplazamiento DCDT.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
CÁMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA,
MODELO FI-GTI-3610"

CALIBRACION DEL TRASDUCTOR DE PRESION ($P_{max} = 150 \text{ psi}$)

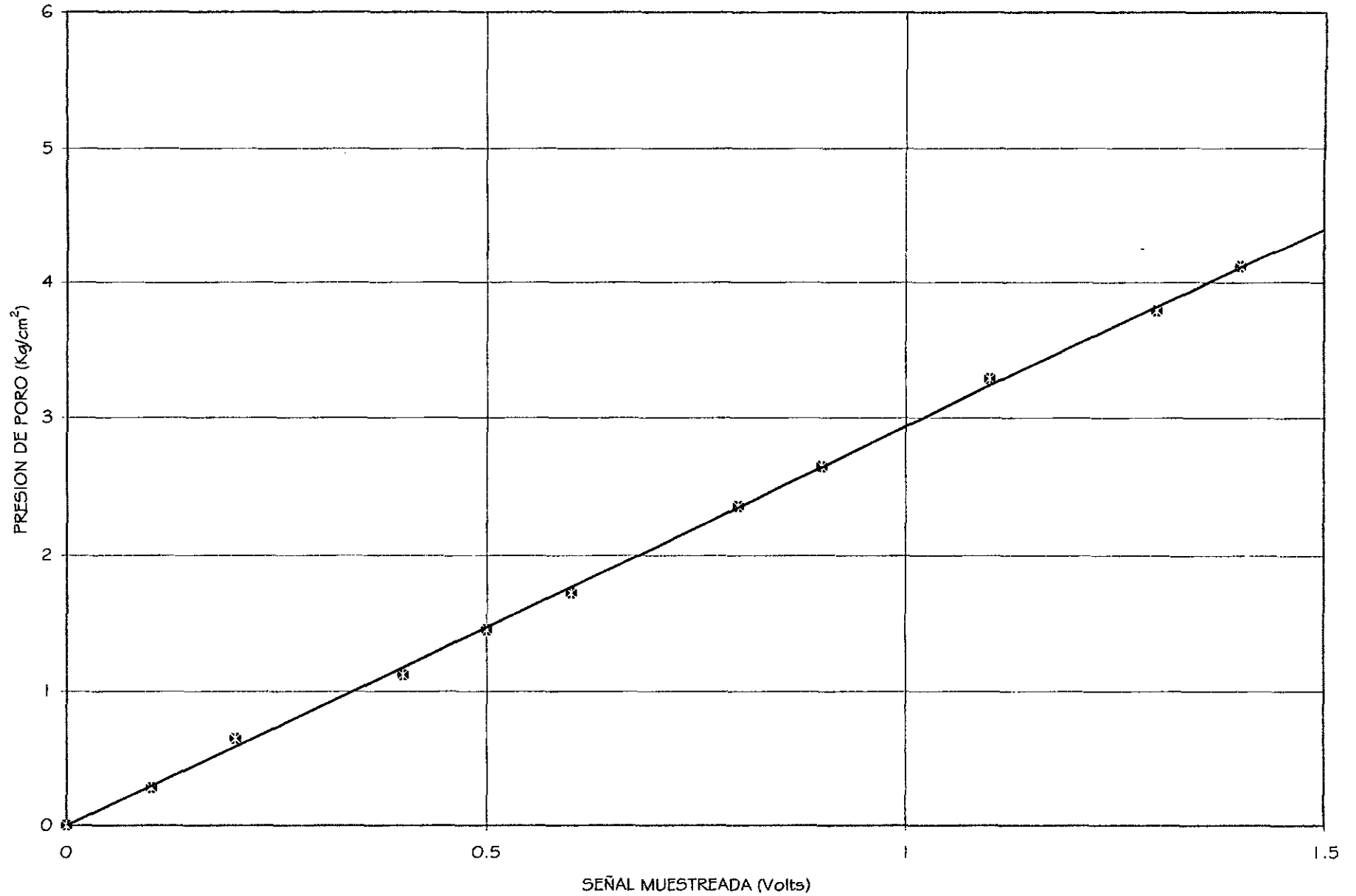


Fig. A-1 Calibración del Transductor de Presión.

CALIBRATION CERTIFICATE

UNIT > DPI 280
 S/N > 280283807
 DATE > 7/15/98



Druck

Pressure measurement
 for research & industry

Calibration performed in accordance with ISO 9002 Sec. 4.11.
 The standards used for this calibration are Traceable to N.I.S.T.

Druck Incorporated
 4 Dunham Drive
 New Fairfield,
 Connecticut 06812

Telephone (203) 746-0400
 FAX (203) 746-2494

Linearity Data

SCALE A		150 psi g	
NOMINAL PSI	*CORRECTED SCALE UNITS	READING	DEVIATION % F.S.D.
150	149.93	149.94	+0.007
120	119.94	119.94	0
90	89.95	89.94	-0.007
60	59.97	59.96	-0.007
30	29.99	29.98	-0.007
SCALE B			
	N/A		
SCALE C			
	N/A		
SCALE D			
	N/A		

*Corrected for gravity and temperature as appropriate.

External Transducer No.: 1007106

- Calibration Instrument > Budenberg 22495
- Temperature Ambient (°F) > 74°F
- Temperature Range (°F) > Refer to relevant
- Span Drift (% F.S.D./°F) > sensor data sheet.

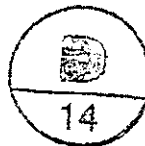
These are test results not a specification.

Inspector: _____

Clifford C. Lake

CALIBRATION CERTIFICATE

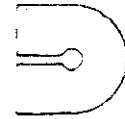
Calibration date:	July 1, 1998	WO: 12149
Transducer type:	PDCR 860	
Serial Number:	1007106	
Range:	150 psi g	
Supply:	10 Volts	
Sensitivity:	0.07mV/V/psi	
Non-linearity & Hysteresis:	max $\pm 0.1\%$ BSL	
Temperature operating range:		
Temperature compensated range:	0°C to +50°C	
Temperature error band:	max $\pm 0.5\%$ FRO	
Thermal zero shift:		
Thermal sensitivity shift:		
Electrical connection		
Supply positive:	Red	
Supply negative:	Blue	
Output positive:	Yellow	
Output negative:	Green	
Screen:		
Notes:	1/8 NPT Male	



Druck Incorporated
4 Dunham Drive, New Fairfield, CT 06812
Tel. (203) 746-0400 Telex: 643118
FAX: (203) 746-2494

CALIBRATION CERTIFICATE

UNIT > DPI 280
 S/N > 280281807
 DATE > 7/15/98



Druck

Pressure measurement
 for research & industry

Calibration performed in accordance with ISO 9002 Sec. 4.11.
 The standards used for this calibration are Traceable to N.I.S.T.

Druck Incorporated
 4 Dunham Drive
 New Fairfield,
 Connecticut 06812
 Telephone (203) 746-0400
 FAX (203) 746-2494

Linearity Data

SCALE A	150 psi g		
NOMINAL PSI	*CORRECTED SCALE UNITS	READING	DEVIATION % F.S.D.
150	149.93	149.94	+0.007
120	119.94	119.94	0
90	89.95	89.95	0
60	59.97	59.97	0
30	29.99	29.99	0
SCALE B			
	N/A		
SCALE C			
	N/A		
SCALE D			
	N/A		

*Corrected for gravity and temperature as appropriate.

External Transducer No.: 1007107

Calibration Instrument > Budenberg 22495
 Temperature Ambient (°F) > 74°F
 Temperature Range (°F) > Refer to relevant
 Span Drift (% F.S.D./°F) > sensor data sheet.

These are test results not a specification.

Inspector: Clifford [Signature]



CALIBRATION CERTIFICATE

Calibration date:	July 1, 1998	WO: I2149
Transducer type:	PDCR 860	
Serial Number:	1007107	
Range:	150 psi g	
Supply:	10 Volts	
Sensitivity:	0.07mV/V/pai	
Non-linearity & Hysteresis:	max $\pm 0.1\%$ BSL	
Temperature operating range:		
Temperature compensated range:	0°C to +50°C	
Temperature error band:	max $\pm 0.5\%$ FRO	
Thermal zero shift:		
Thermal sensitivity shift:		
Electrical connection		
Supply positive:	Red	
Supply negative:	Blue	
Output positive:	Yellow	
Output negative:	Green	
Screen:		
Notes:	1/8 NPT Male	



Druck Incorporated
4 Dunham Drive, New Fairfield, CT 06812
Tel. (203) 746-0400 Telex: 643118
FAX: (203) 746-2494

CALIBRATION CERTIFICATE

UNIT > DPI 280
 S/N > 280282807
 DATE > 7/15/98



Druck

Pressure measurement
 for research & industry

Calibration performed in accordance with ISO 9002 Sec. 4.11.
 The standards used for this calibration are Traceable to N.I.S.T.

Druck incorporated
 4 Dunham Drive
 New Fairfield,
 Connecticut 06812
 Telephone (203) 746-0400
 FAX (203) 746-2494

Linearity Data

SCALE A	150 psi g		
NOMINAL PSI	*CORRECTED SCALE UNITS	READING	DEVIATION % F.S.D.
150	149.93	149.95	+0.013
120	119.94	119.96	+0.013
90	89.95	89.96	+0.007
60	59.97	59.98	+0.007
30	29.99	29.99	0
SCALE B			
	N/A		
SCALE C			
	N/A		
SCALE D			
	N/A		

*Corrected for gravity and temperature as appropriate.

External Transducer No.: 1007108

Calibration Instrument > Budenberg 22495
 Temperature Ambient (°F) > 74°F
 Temperature Range (°F) > Refer to relevant
 Span Drift (% F.S.D./°F) > sensor data sheet.

These are test results not a specification.

Inspector: 

CALIBRATION CERTIFICATE

Calibration date: July 1, 1998 WO: I2149

Transducer type: PDCR 860

Serial Number: 1007108

Range: 150 psi g

Supply: 10 Volts

Sensitivity: 0.07mV/V/psi

Non-linearity & Hysteresis: max $\pm 0.1\%$ BSL

Temperature operating range:

Temperature compensated range: 0°C to +50°C

Temperature error band: max $\pm 0.5\%$ FRO

Thermal zero shift:

Thermal sensitivity shift:

Electrical connection

Supply positive: Red

Supply negative: Blue

Output positive: Yellow

Output negative: Green

Screen:

Notes: 1/8 NPT Male



Druck Incorporated
4 Dunham Drive, New Fairfield, CT 06812
Tel. (203) 746-0400 Telex: 643118
FAX: (203) 746-2494

CELDA DE CARGA OMEGADYNE (CAP_{max} = 113.40 kg)

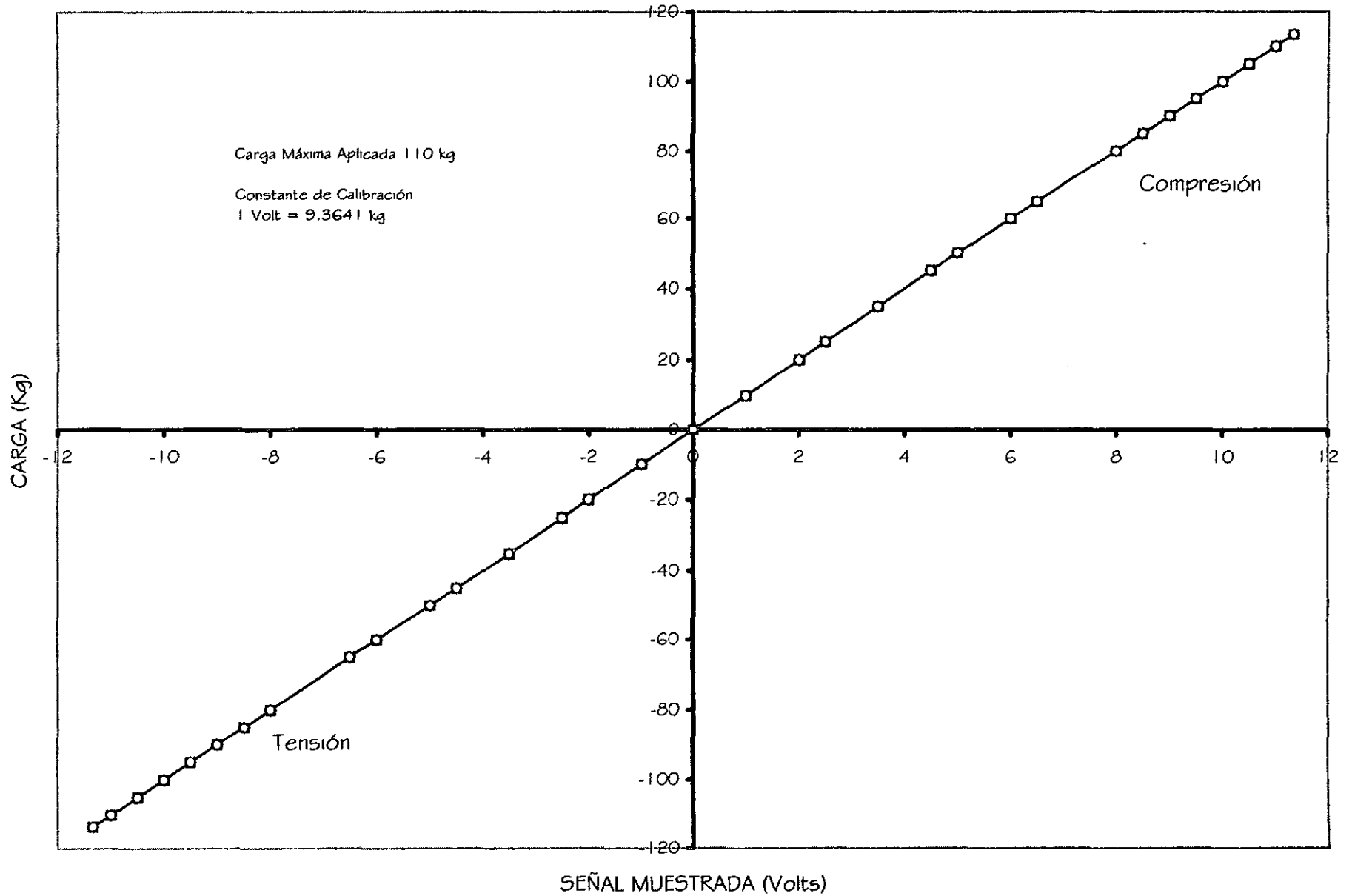


Fig. A-2 Respuesta de la Celda de Carga Omegadyne
Rango Aplicado 110 Kg

CALIBRACION DEL DCDT

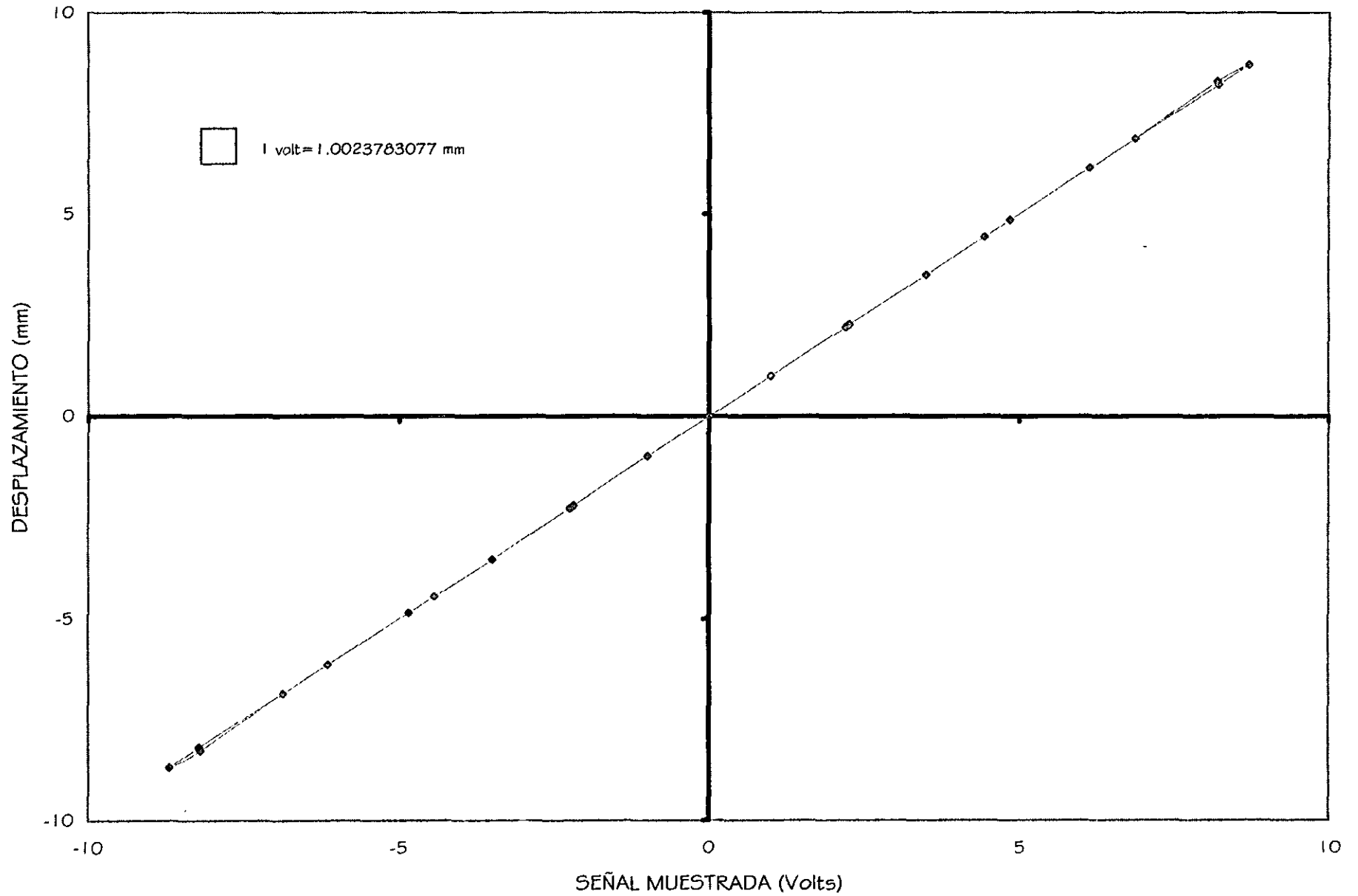


Fig. A-3 Calibración del Transductor de Desplazamiento DCDT

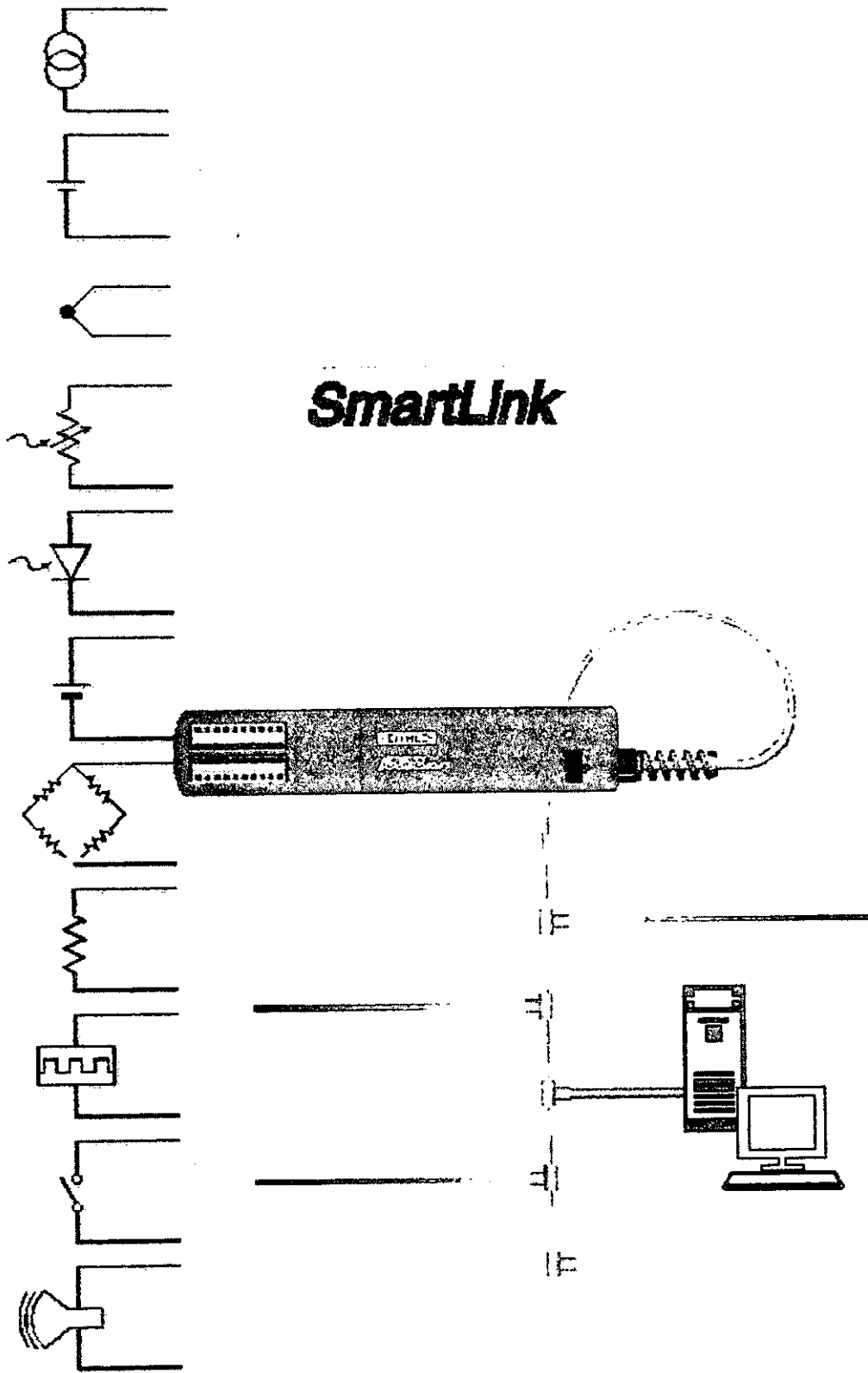


Apéndice B

- SmartLink Instruments.
- Transductores Druck.
- Transductores Trans-Tek.
- Celda de Carga Omegadyne.
- B & B Electronics.

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
CÁMARA TRIAXIAL INSTRUMENTADA,
MODELO FI-CTI-3610"

SmartLink



Introduction

Intelligent Measurement Solutions for Demanding Signals and Sensors

Until recently, anyone who wanted to design a computer connected measurement system for factory or field environments had some difficult choices to make. They could use standard benchtop or rack-mounted instruments, but their size often made it impossible to locate them near the sensor or device under test. This created lead length errors and induced electrical noise that reduced measurement integrity. Another option was to use signal conditioning instruments or transmitters to send data back to the host computer for processing. While these devices put the measurement closer to the source, they lacked the level of precision many applications require. Also, when multiple measurement devices were used on the same network, the signal processing involved in converting raw data to useful information in the computer often consumed the host computer capacity. And for many networks, there were simply no compatible measurement devices commercially available.

Today, Keithley's SmartLink instruments offer a new alternative for making laboratory-grade measurements without the size limitations and expense of conventional instruments. And unlike other distributed devices, they can deliver fully processed information onto a wide range of networks.

What are Keithley SmartLink™ instruments?

In a growing number of applications, factors like low signal levels, long term stability, higher accuracy, and multivariate sensing make it impossible to use conventional measurement instrumentation. At Keithley, we call these "Demanding Measurements." Our growing line of SmartLink instruments is designed to address these types of applications simply and directly.

Each compact instrument connects directly to the demanding sensor or signal source. There's no need for extra hardware such as isolators, signal conditioners, protection circuitry, voltage and current excitation, or reference sources. Each instrument has on-board signal processing capabilities to provide linearization, date/time stamping alarming, etc. That allows them to deliver useful information directly to a monitoring, control or data acquisition system, not just raw data.

All Keithley product names are trademarks or registered trademarks of Keithley Instruments, Inc. Other brand names are trademarks or registered trademarks of their respective holders.

The compact form factor of SmartLink instruments (just) makes it easy to put them close to the signals or sensors being monitored. Their low cost per channel makes it economical to monitor more variables.

A Connect & Measure™ design makes it simple to integrate SmartLink instruments into the most popular communications networks. For quick system startup and debugging, an easy to use, fully functional, Windows based startup software package is provided with each instrument.

A Wide Range of Network Options

Keithley's SmartLink instruments offer more interface options than any other measurement system on the market today, so system builders and integrators can select the interface that's best suited for the application. Instruments are factory-configured to connect directly onto the network. They are compatible with the commonly-accepted implementation for each network listed, so there's no need for special adapters, cables, or connectors.

Twisted Pair Ethernet	RS-232-C
Thin Wire Ethernet	RS-422
Ethernet AUI	RS-485
Fiberoptic Ethernet	PCMCIA
Modem	Universal Serial Bus ¹

¹ Contact Factory

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:

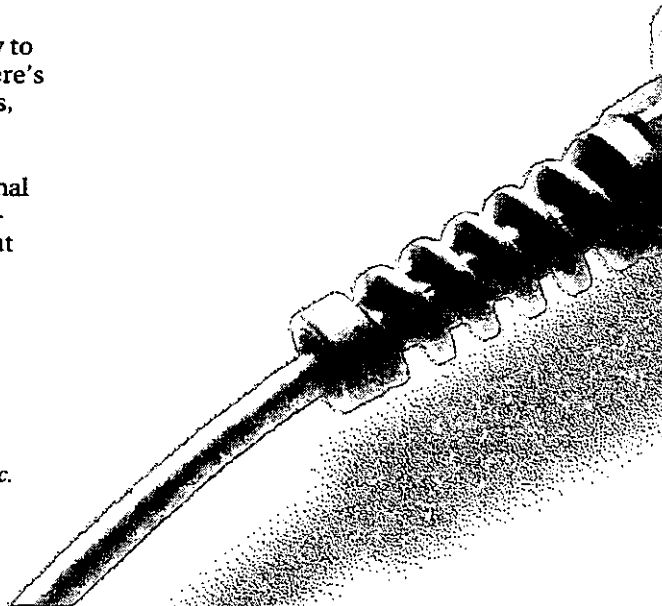
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:

<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY



Compatible with Most Common Sensors and Signal Types

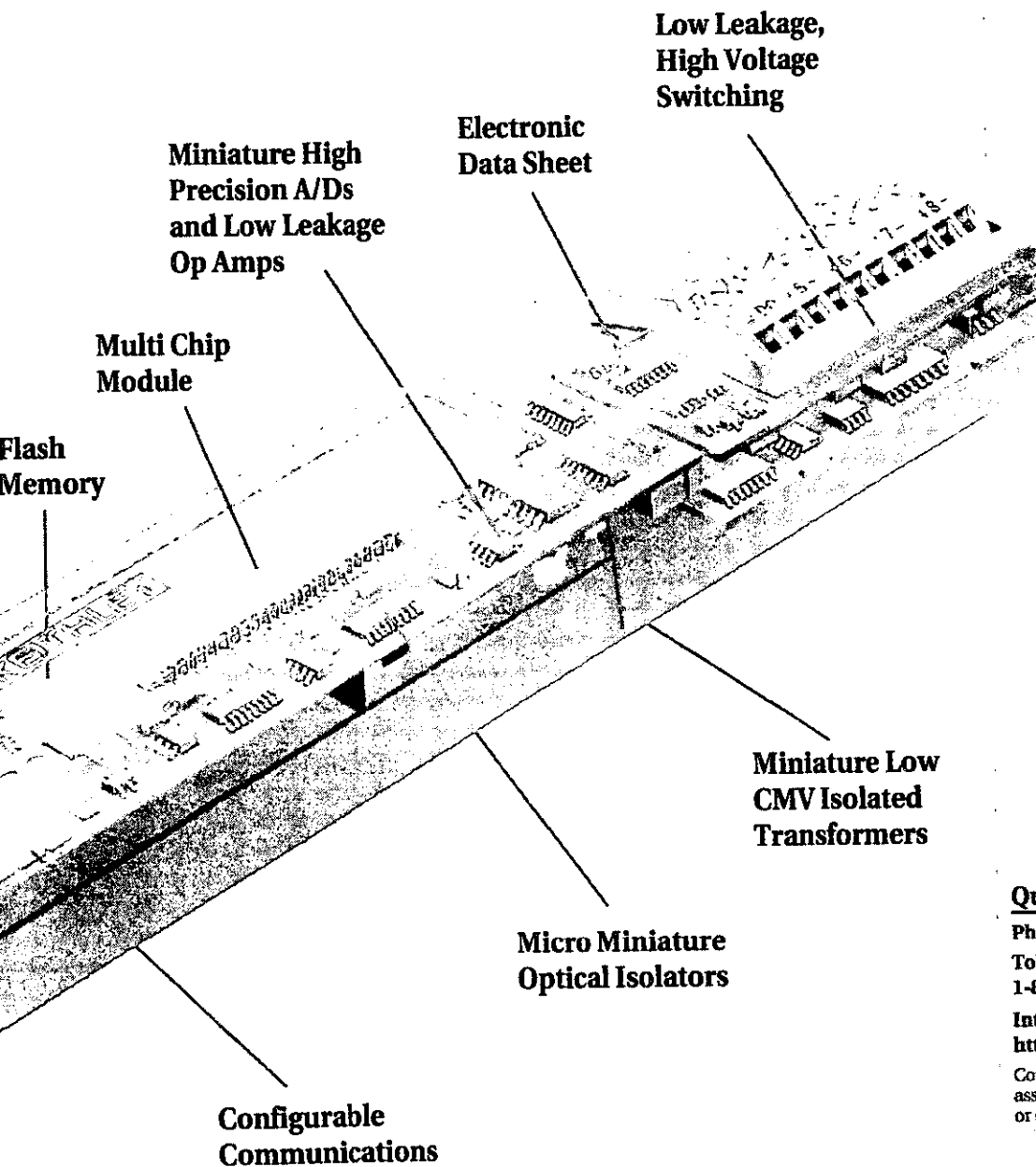
SmartLink instruments are available for the most popular sensors, including many that were once too difficult to measure directly. SmartLink is a sampling:

Thermocouples	Thermistors
Strain gauges	V (μ V to 100's of V)
Photodiodes	Ω (m Ω to 100's of M Ω)
Pressure sensors	Pressure sensors
Acceleration	Acceleration
Dew Point	Dew Point
Flow	Flow

Built-in Signal Processing

SmartLink instruments offer a variety of on-board signal processing capabilities, designed to increase system throughput by reducing post-processing in the host computer. Algorithms for the following functions are easily configurable and standard on every SmartLink instrument:

Linearization	Limits
Scaling	Logging
Scanning	Filtering
Exception Reporting	Triggering
Custom Algorithms	



SMARTLINK INSTRUMENTS

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:

1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:

<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

Keithley's SmartLink Instruments

Features and Advantages

- **Flexible, single and multi-input platform**
 - Up to 16 analog channels per instrument
 - Mix and match signal types
 - Replace multiple signal conditioning modules with one SmartLink instrument.
- **Connect directly to complex signals and sensors**
 - Selectable excitation signals provided
 - No additional hardware required
- **Integrates easily into common application software packages**
 - Drivers provided for popular packages including Wonderware's In Touch, Intellution's The Fix, LabView, TestPoint, RSView, Genesis, and others to provide Connect & Measure™ operation.
 - Configuration utility and DDE Server software available
- **Makes lab-grade measurements possible in the field or on the factory floor**
 - More precise measurements allow for increased product yields and higher quality
 - Networked data available for SPC (Statistical Process Control)
- **Hi-Speed Processing Capability**
 - Acquire data at up to 33kHz
 - On-board storage of up to 15,000 readings
 - Solves a wide range of application problems
- **All instruments include a local communications port.**
 - Local setup and debug
 - Easy and inexpensive approach to troubleshooting

Revolutionary Form Factor

Until now, there was no way to make a sensitive measurement at the signal source, then link it directly onto a computer network. Keithley's SmartLink instruments do exactly that. Instruments can mount on a DIN rail, screw to a panel, be bundled in a wiring tray, or be placed nearly anywhere there's a source of power (9.5–34 VDC) and a network connection.

Distributed Reliability

By definition, a network has a distributed architecture. This can complicate finding faulty nodes or wiring problems. Without some type of diagnostics, any network element can become the weak link that disables the entire system. Every SmartLink instrument includes both real-time and advanced, predictive diagnostics for evaluating and reporting on the proper operation of both the sensor and measuring circuitry. Using predictive diagnostics, preventive maintenance can be performed to avoid costly downtime and unplanned repairs.

Diagnostic information is accessible via the network, as well as at the instrument site through the local communications port. Complete troubleshooting and diagnostic information is available for system start-up, debug and maintenance by using the Multi-meter Interface (Model MMI-100 or MMI-120) accessories.

Upgradeable System

Keithley's SmartLink instruments are designed to be adaptable. Whether it is a new algorithm or something that affects how the measurement is made, a SmartLink instrument can adapt to it. The measurement, signal processing and other configurable parameters on any instrument can be changed via the network interface or through the Local Communications Port, using the interface accessories. Or extensive customization can be performed using the OEM Developer's Kit (Model KNM-ODK) with which system integrators can develop and download custom algorithms themselves. Keithley can advise of qualified third parties who provide such services. Should a firmware change or upgrade need to be performed on a SmartLink instrument it can easily be accomplished in the field by the average user.

Questions?

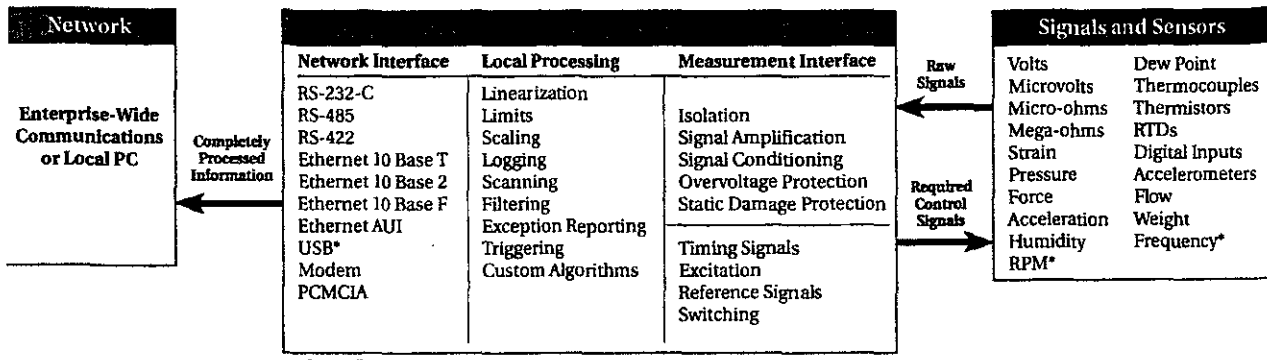
Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

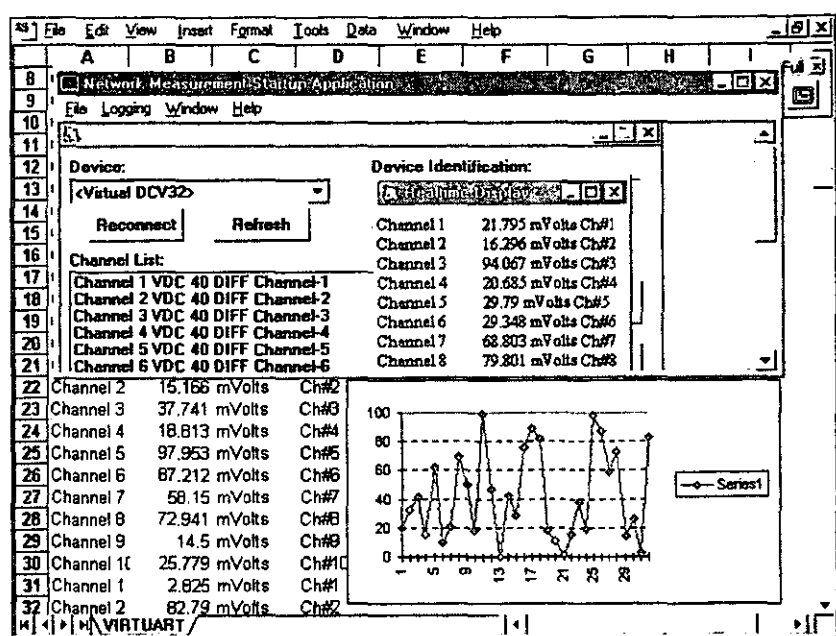
Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY



*Contact Factory

Keithley Instruments has been building its reputation and its business through providing quality measurement solutions since 1946. It was when Joseph F. Keithley started the company in a small workshop in Cleveland, Ohio. Since then, Keithley has introduced a long line of innovative instruments and systems based on making sensitive electronic measurements. Today, Keithley's products are recognized worldwide for their technical sophistication and reliability in many demanding applications. From product development in the shop floor, in applications as diverse as parametric testing, cellular telephone production and electrochemical sensing, wherever there is a demanding electrical measurement problem, Keithley instruments or systems are being used to solve it. We're committed to providing complete measurement solutions for growing companies in a wide range of markets, using innovative measurement technologies to enhance productivity.



NetAcq software allows easy system setup and debug, allows direct data collection into your PC, and is provided at no charge.

Questions?

Phone: 1-216-248-0400
 Toll Free:
 1-800-552-1115 (U.S. only)
 Internet:
<http://www.keithley.com>
 Contact us for technical assistance, product support or ordering information.



SMARTLINK INSTRUMENTS

SmartLink Applications

The applications for SmartLink instruments are virtually unlimited. The suggestions listed here are only the beginning. Contact Keithley for additional application possibilities and configuration assistance.

Production Test

In production test applications, key measurements must be made without distortion, noise or other errors. Production testing solutions must enable this level of performance, as well as be easy to build, modify, and maintain. Their high-performance, compact design makes Keithley's SmartLink instruments well-suited for a wide range of production testing applications.

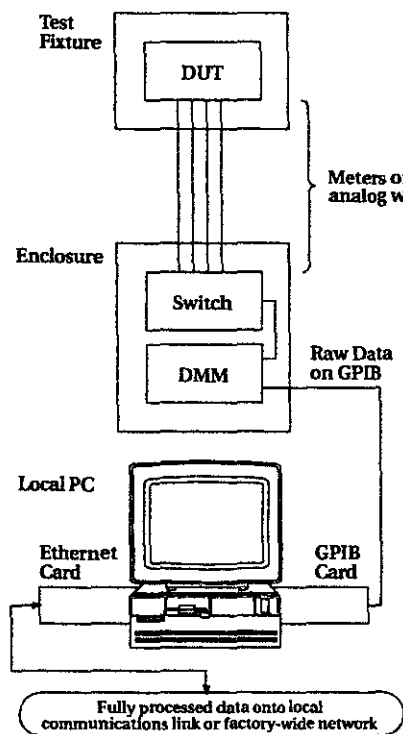
Typical Application Examples:

- Electronic components and subassemblies
- Telecommunications products (cellular phones, pagers, mobile radios, PDAs, etc.)
- Medical devices
- Sensors
- ISO-9000 conformance

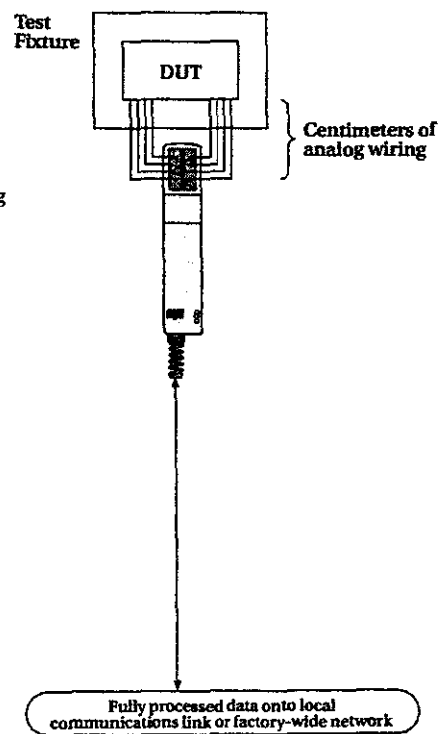
SmartLink Features and Advantages for Production Testing:

- Compact size allows SmartLink instruments to be mounted directly in or on the test fixture — no need for a rack of equipment.
- SmartLinks can be placed very near signal sources, reducing or eliminating signal degradation in interconnect wires.
- Flexible configuration eliminates the need to design and build expensive, custom test solutions.
- SmartLink instruments make it simple to create standardized test solutions that are faster, more economical, and easier to maintain.

Present Method



SmartLink Solution



Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

SmartLink Applications

Performance and Reliability Testing

Today, industry standards and governmental regulations demand that products undergo more testing than ever before. SmartLink instruments offer a practical alternative to traditional laboratory test instruments for building reliability test set-ups.

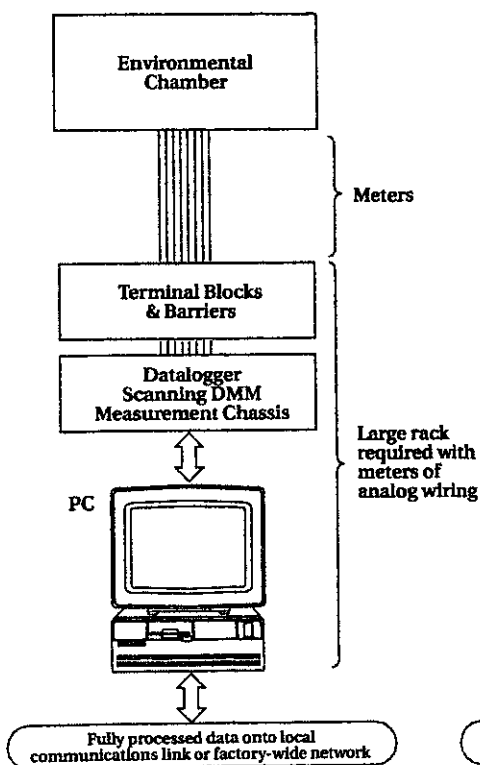
Typical Application Examples:

- Accelerated environmental testing
- Design verification
- Failure analysis
- Stress testing for Mean Time Between Failures (MTBF)
- In-vehicle testing
- Military qualification testing

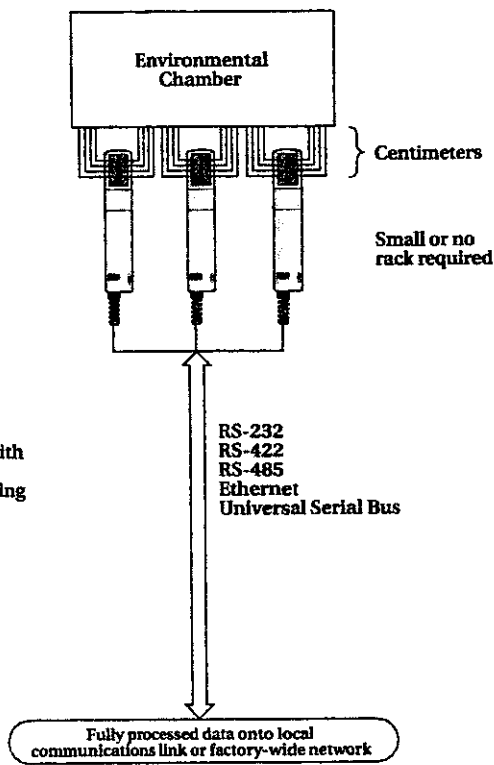
SmartLink Features and Benefits for Performance and Reliability Testing

- Low cost and compact size make it practical to dedicate SmartLink instruments to the application for long periods.
- Compact size allows mounting SmartLink instruments directly on the environmental chamber — reduces the overall size of the test set-up.
- Fully integrated solution eliminates the need for multiplexers or other external hardware.
- Multiple inputs and wide measurement capability allow both environmental and device under test parameters to be monitored on a single SmartLink instrument.
- Testing can be performed over communications networks for monitoring and control.

Present Method



SmartLink Solution



SMARTLINK INSTRUMENTS

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

SmartLink Applications

Providing Custom Sensor Solutions

In the past, sensor manufacturers or their customers were often forced to design custom electronic circuits or devices to link sensors into an application. Unfortunately, these custom solutions were often cumbersome, expensive, and difficult to maintain. SmartLink instruments offer a fast, economical way to link demanding sensors into control and data acquisition applications.

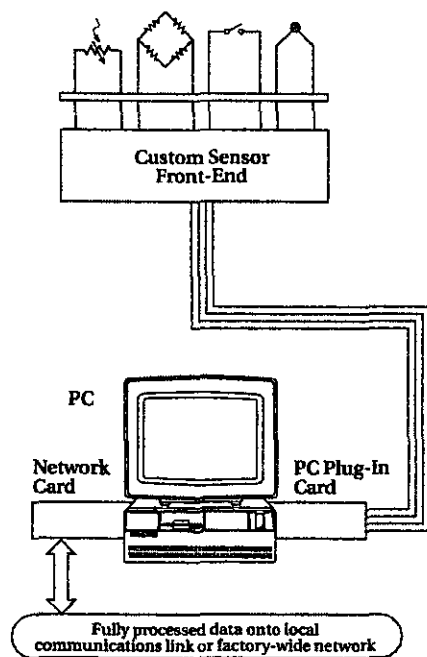
Typical Application Examples:

- Sensor interfaces
- Multiplexing multiple dissimilar test signals
- Combining multiple raw signal measurements to derive the process variable
- High speed measurement and control of production equipment

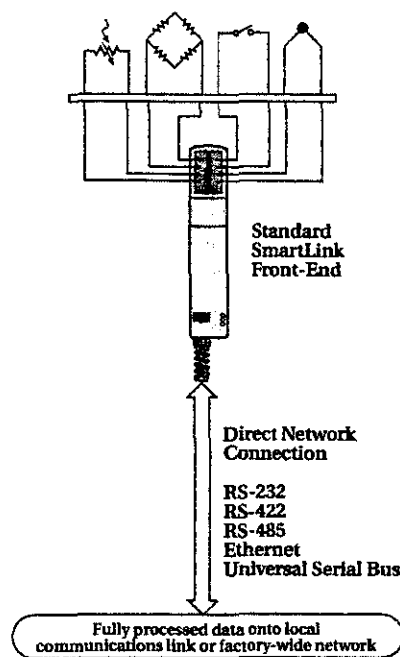
SmartLink Features and Advantages for Smart Sensor Applications

- On-board signal processing and mathematical analysis eliminate the need to transmit raw data back to the computer — avoids data overload.
- Can eliminate the need to write processing and analysis code for the computer.
- Standard equipment allows lower lifecycle costs, higher reliability, and easier maintenance, increasing profitability and ROI.
- Standard instrumentation allows easier troubleshooting and support.
- More compact than custom solutions.

Present Method



SmartLink Solution



Questions?

Phone: 1-216-249-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

SmartLink Applications

Factory Data Acquisition

Designing and installing a plant-wide data acquisition system doesn't have to be an expensive, complicated process. SmartLink instruments are engineered to plug directly into existing factory network systems.

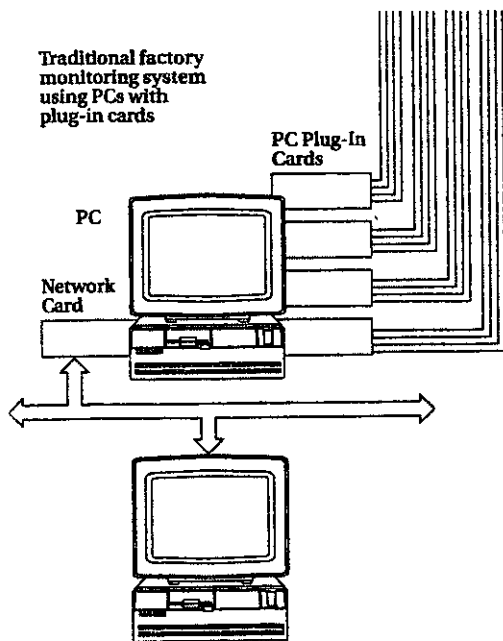
Typical Application Examples:

- Monitoring and control of ovens
- Monitoring and control of refrigeration units
- Motor control and temperature monitoring
- Plant-wide environmental control systems
- Power usage monitoring

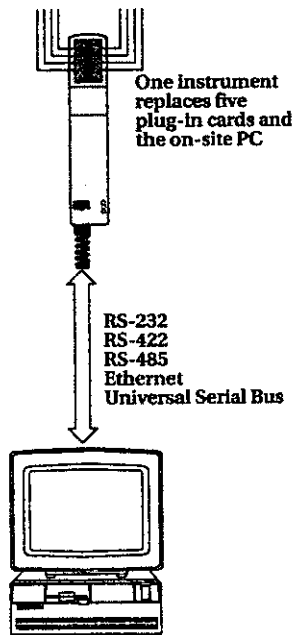
SmartLink Features and Benefits for Factory Data Acquisition:

- Distributed capability reduces cabling and simplifies troubleshooting.
- Compact size allows locating measurement instruments wherever needed and decreases noise interference.
- Modular Connect & Measure™ design makes it simple to add new monitoring systems by plugging into the existing factory network.
- Justifying incremental improvements to systems is easy — simply plug in a few low-cost instruments.

Present Method



SmartLink Solution



SMARTLINK INSTRUMENTS

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.



SmartLink Applications

Continuous In-Line Monitoring

For many applications, SmartLink instruments offer a cost-effective alternative to periodic sampling with standard measurement instruments.

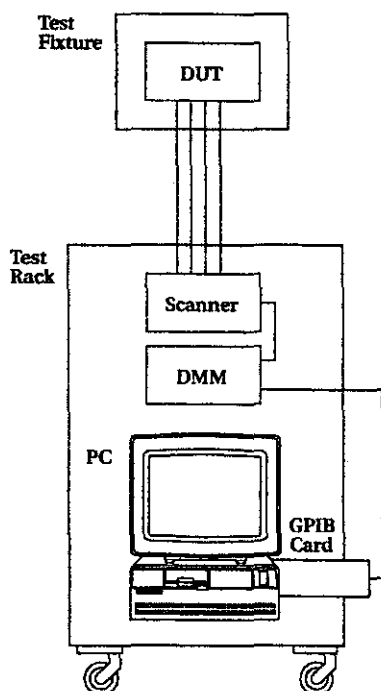
Typical application examples:

- Smokestack monitoring
- Hazardous materials/chemicals detection
- Air quality monitoring
- Water quality monitoring
- Monitoring compliance with ISO-9000 plan
- Verifying conditions in the manufacturing environment

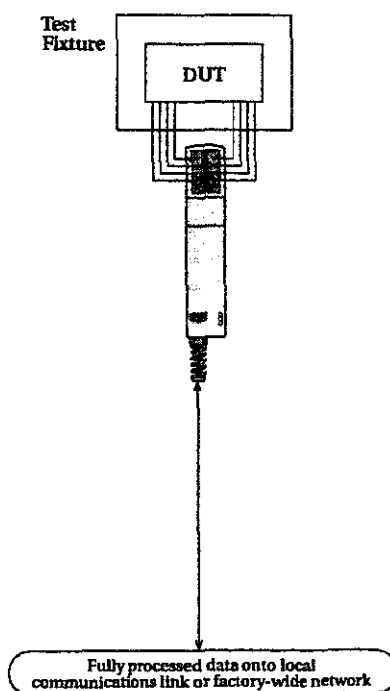
SmartLink Features and Advantages for Continuous In-Line Monitoring:

- Compact size — easy to place just about anywhere.
- Integral network connection — no need to visit remote sites to obtain measurements.
- Relatively low cost makes simultaneous monitoring of multiple sites affordable.
- Small, economical solution allows permanent installation.
- Optional environmentally-hardened enclosures let SmartLink instruments go where standard instruments would fail quickly.

Present Method



SmartLink Solution



Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

SmartLink Applications

Process Monitoring

SmartLink instruments provide improved accuracy and reliability, as well as a higher level of integration than other solutions, for monitoring both batch and continuous processes. They also offer a straightforward path when modernizing process monitoring technologies.

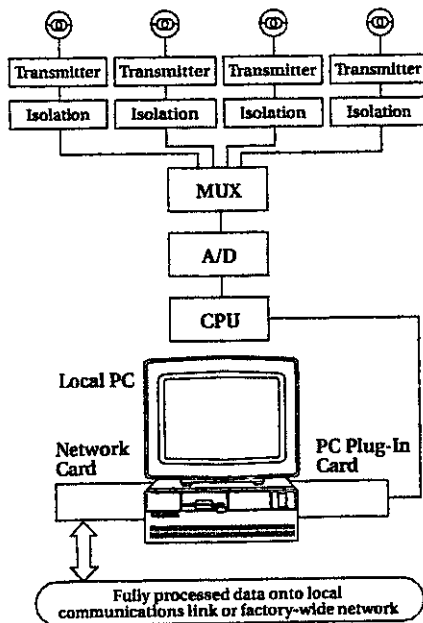
Typical Application Examples:

- Chemical manufacturing
- Food and beverage processing
- Water treatment
- Pharmaceutical processing
- Pulp and paper

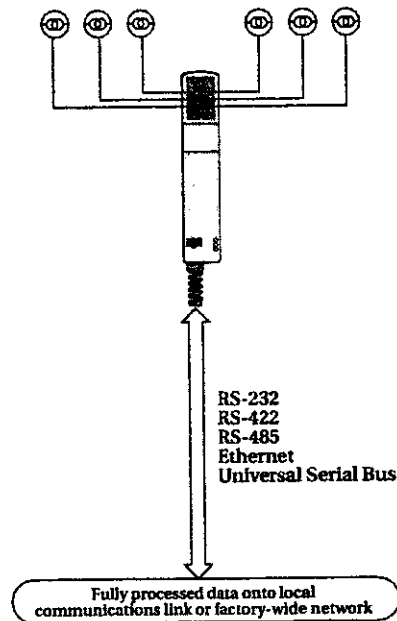
SmartLink Features and Advantages for Process Monitoring

- Periodic self-calibration extends the recalibration cycle, minimizing the processing line's maintenance downtime.
- Predictive and real-time self-diagnostics help maintain the line's uptime.
- Higher accuracy and faster throughput increase processing efficiency and allow tighter quality control.
- Low cost of SmartLink instruments makes it possible to put measurements on the network for enterprise-wide access to process information.
- High speed local intelligence simplifies identifying and correcting the source of processing problems.
- Local shut-down control eliminates dependence on the communication link, and helps prevent product waste and equipment damage.

Present Method



SmartLink Solution



SmartLink Instrument Selection Guide

SmartLink Instruments are a new and powerful way to build a measuring system, so they offer important possibilities beyond traditional system architectures. For example, wiring several types of sensors to one instrument can reduce the number and types of instruments required and the amount of space needed to accommodate them. By making processed data available on a network, the use of SmartLink Instruments may also reduce requirements for on-site computers and the need to upgrade existing computers.

This Selection Guide can help identify instruments suitable for a particular application, based on the electrical parameter or physical property of interest. Most instruments are multi-functional, so there may be several that are appropriate for a specific measurement or application, depending on the requirements for accuracy, throughput and reading memory, etc. The Selection Guide also identifies additional capabilities each instrument provides. Refer to the specifications for each instrument for more detailed information on which one best fits the requirements of a particular application.

PAGE	MODEL	TYPE	KEY ATTRIBUTES	SENSORS AND SIGNALS
19	KNM-BRG11, 12	High Speed Bridge	8-16 bits, 10-31kHz, single or multiple inputs	Gage-based Strain, Force, Weight, Pressure, and Torque
24	KNM-DCV11, 12	High Speed DCV and Ohms	8-16 bits, 10-31kHz, single or multiple inputs	DCV; DCI, 4-20mA; Ohms; RTDs; Thermistors; Pressure, Flow and Weight Transducers; Humidity; Digital In, Digital Out; Recorder Out; External Trigger; Counter/Timer; RPM
29	KNM-DCV31, 32	Precision DCV and Ohms	16-20 bits, single or multiple inputs	DCV; DCI, 4-20mA; Ohms; RTDs; Thermistors; Pressure, Flow and Weight Transducers; Digital In, Digital Out
34	KNM-DCV41, 42	Precision Isolated DCV and Ohms	Isolated (voltage & current), 16-20 bits, single or multiple inputs	DCV; DCI, 4-20mA; Ohms; RTDs; Thermistors; Thermocouples, Infrared Thermocouples; Pressure, Flow and Weight Transducers; Digital In, Digital Out
40	KNM-DYN-11, 12	High Speed Force, Acceleration, Pressure	16-20 bits, 10-33kHz, single or multiple inputs	Piezo Accelerometers, Capacitive Accelerometers, Piezo and Dynamic Pressure Transducers, Piezo Dynamic Load Cells; Thermistors; Recorder Output; Digital Input
44	KNM-RTD31, 32	Precision RTD	16-20 bits, single or multiple inputs	RTDs; Ohms; Digital In; Digital Out
49	KNM-TC41, 42	Isolated Thermocouple	16-20 bits, single or multiple inputs	Thermocouples, Infrared Thermocouples, Millivolts, Digital In, Digital Out
54	KNM-THD01, 02	Temperature, Humidity, Dew Point	Built-in sensors	Temperature; Humidity; Calculated Dew Point; Digital Input, Digital Output
58	KNM-THM31, 32	Precision Thermistor	16-20 bits, single or multiple inputs	Thermistors; Ohms; Digital Out

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:

1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:

<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

Application Software

NETACQ Software

Keithley provides a Windows-based start-up software package with each instrument, designed to get SmartLink systems up and running quickly. The package includes basic data acquisition capabilities, such as channel configuration, logging and displaying measurements, and simple graphical trending. It also allows storing data in a format suitable for importing to spreadsheets or database programs for further analysis. No other software is required to use this package.

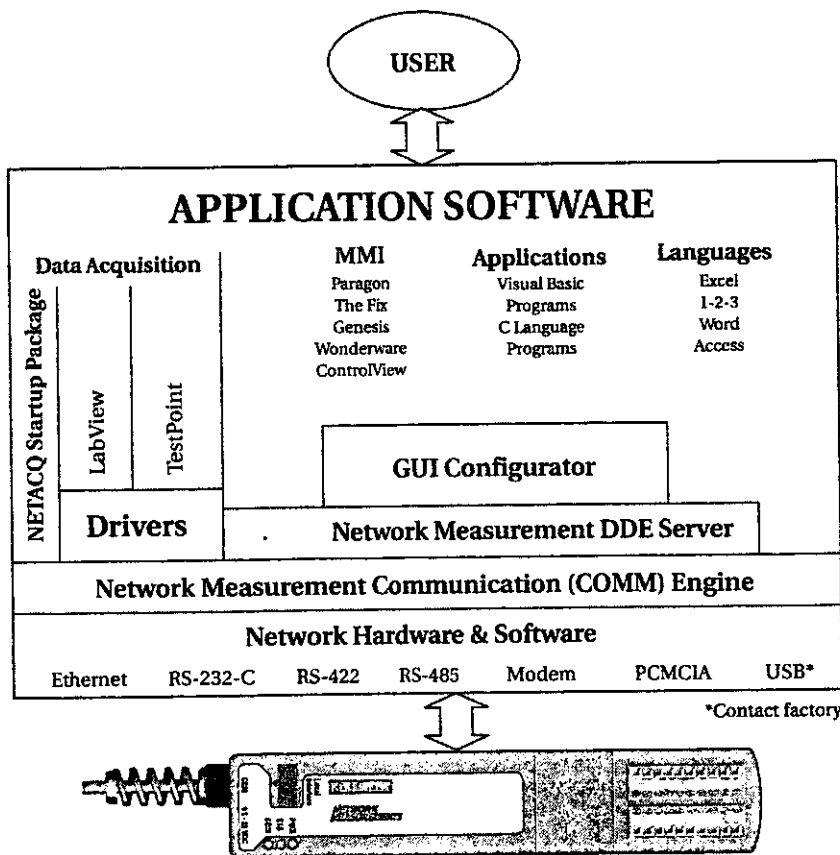
Application Software

Selecting appropriate software for more rigorous application requirements is an important step in developing any computer-based measurement system. From a technical perspective, the optimal solution is sometimes a custom software package, but this is often cost- and time-prohibitive. While there are now many off-the-shelf packages, hardware manufacturers typically only have the resources to create and maintain specific drivers for use with the most popular ones.

Recently, however, a new software paradigm is evolving that takes advantage of the enabling technology of the Windows DDE environment. This new approach simplifies the creation of software drivers, allowing Keithley to provide more choices in application software. This is possible because all communication tasks are handled by two special software packages: a DDE server with a configurable communications controller and a communications driver package. Software-specific drivers for off-the-shelf packages need only communicate with the DDE Server, drastically reducing their complexity and the time involved in creating them.

For software packages without a configuration menu, a Configurator Utility is available. This utility has a user-friendly, Windows-based graphical user interface (GUI) for setting up the operating parameters of the SmartLink Instruments, no matter which application software is being used. The Configurator Utility also provides a communications link between the application software and SmartLink Instruments via the DDE Server. MMI software is usually dedicated to specific process monitoring or control tasks and communicates directly with the DDE Server, bypassing the Configurator.

SMARTLINK INSTRUMENTS



Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:
1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:
<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

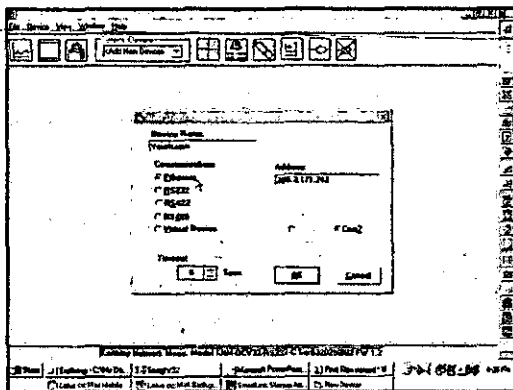
KEITHLEY

This diagram illustrates how the various software packages in a SmartLink-based system interact.

NetAcq Software

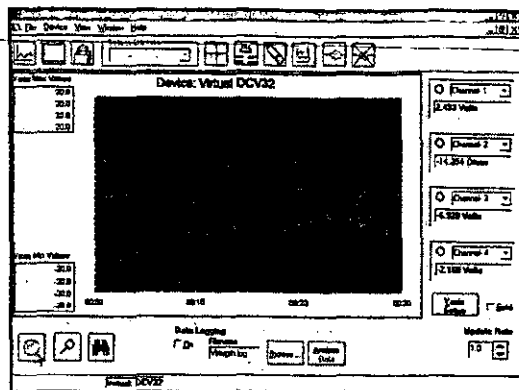
NetAcq Features

- Included with every SmartLink instrument
- Data logging
- Configuration of all SmartLink instruments
- Burst data to disk
- Auto-launches spreadsheet
- Graphical trending



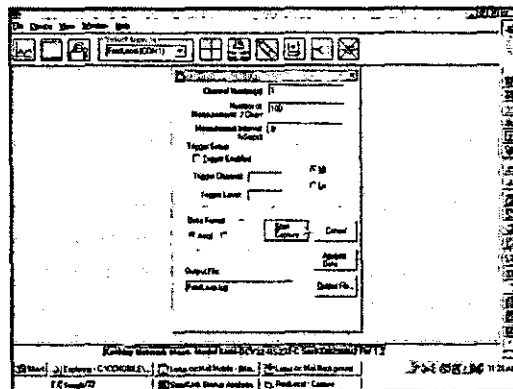
Communications Configuration

NetAcq allows the simple configuration of any SmartLink instrument to communicate with its particular network. All the available network connections can be configured via this simple screen. A "Virtual Device" selection allows the operation of the NetAcq software in "demo" mode, with no SmartLink instrument attached.



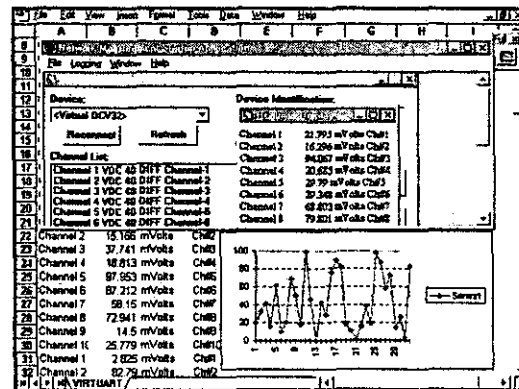
Real Time Charting

NetAcq provides a simple charting function for up to four channels on any SmartLink instrument. Zoom functions allow close-up and broad perspective views. Data logging to disk is also enabled from this screen.



Capture

The Capture screen simplifies the setup of the high speed capture function. A burst of data is acquired and stored in a disk file for subsequent analysis.



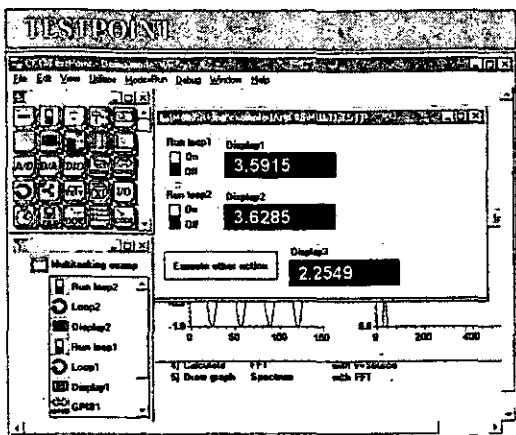
Logging to Excel

A real-time numeric display can also be used to start the data logging function. Once the logging period is completed, NetAcq will automatically open a pre-designated spreadsheet application so the user can begin the analysis.

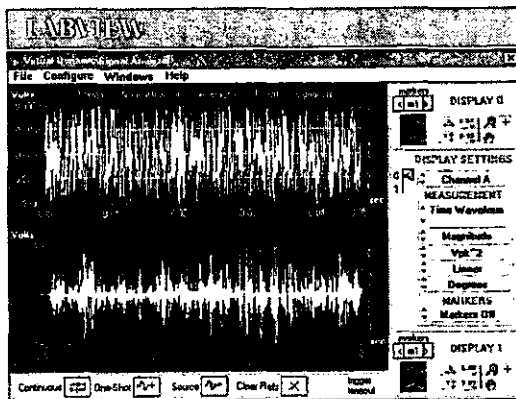
SMARTLINK INSTRUMENTS

Application Software

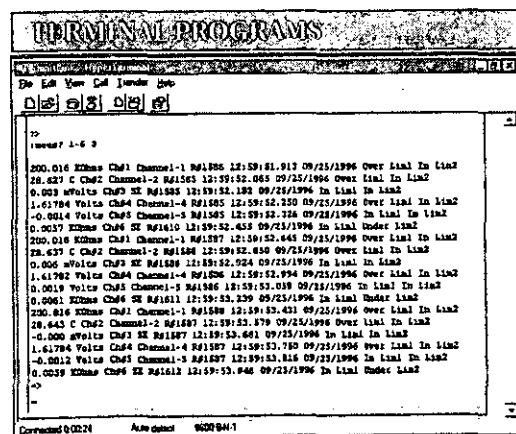
A wide choice of application packages allow fast, easy startups



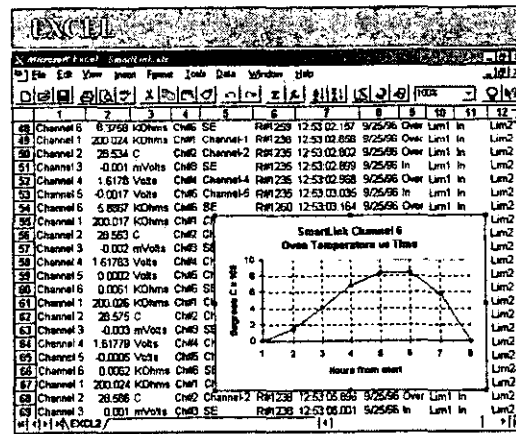
TestPoint (CEC Corp.) is a graphical data acquisition package suitable for lab or light production test applications. A TestPoint-specific driver is available to provide seamless interfacing with TestPoint applications. TestPoint programs are available from the factory to aid in automating environmental testing.



National Instruments' LabView is a graphical data acquisition package, designed primarily for lab or R&D applications. A LabView-specific driver provides SmartLink Instruments with seamless connections to 16- or 32-bit LabView applications.



SmartLink control commands are so simple that terminal programs like Hyperterminal or ProComm can be used to interact directly with SmartLink Instruments designed for RS-232 communications. These programs can also be used via the local port on any SmartLink Instrument with no special drivers.



Popular analysis, word processing and spreadsheet applications like Excel that support OLE (ActiveX) can exchange data dynamically with SmartLink Instruments by way of the KNM-DDE Measurement Server. This makes it possible to use existing, familiar packages and speeds system development and startup.

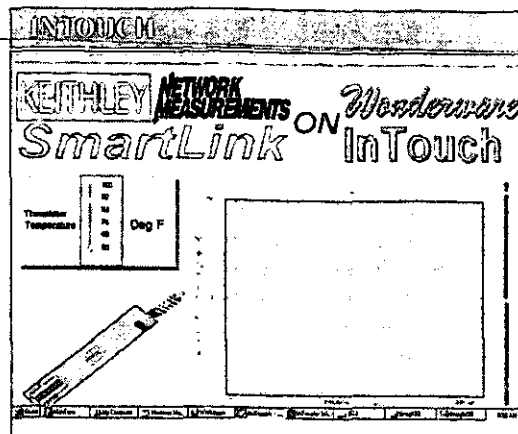
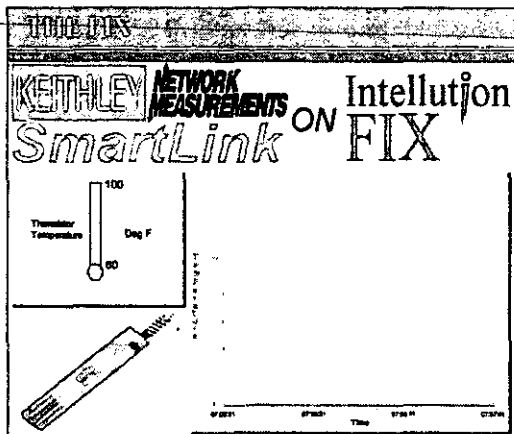
Questions?
 Phone: 1-216-248-0400
 Toll Free:
 1-800-552-1115 (U.S. only)
 Internet:
<http://www.keithley.com>
 Contact us for technical assistance, product support or ordering information.



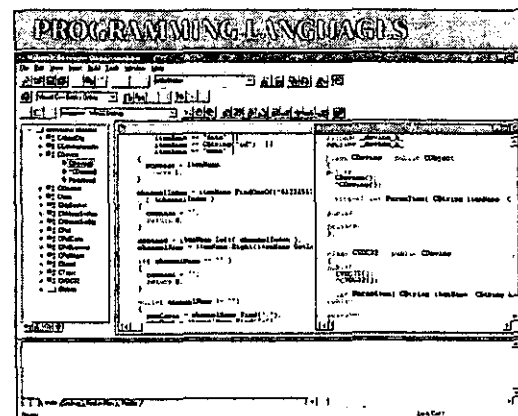
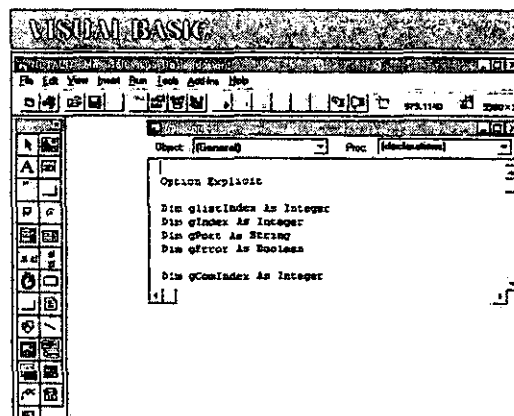
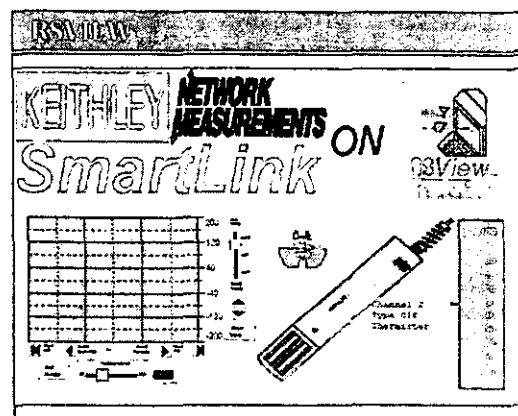
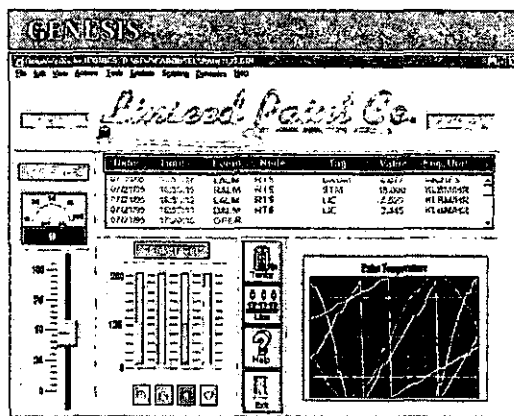
SMARTLINK INSTRUMENTS

Application Software

To request free software to provide SmartLink "connect & measure" capabilities, call customer support or visit our web page (<http://www.keithley.com>).



The Fix from Intellujon, InTouch from Wonderware, Genesis from Iconics, and RSView from Rockwell Software are examples of HMI (Human Machine Interface) packages for process monitoring and control applications. The KNM-DDE Measurement server allows direct connection between these packages and any SmartLink Instrument. An integrated GUI (graphical user interface) configurator provides direct measurement configuration.



Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:

1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:

<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

Visual Basic is a common, easy-to-use Windows programming language. It conforms to OLE (ActiveX), making it easy to move data dynamically to and from other Windows applications. Writing Visual Basic programs is even easier when using the KNM-DDE Measurement Server. NetAcq, the start-up package, is written in Visual Basic and source code is available at no additional charge.

Advanced languages such as C, C++, and Pascal benefit from the command response architecture of SmartLink Instruments. Commands are human-readable, simplifying debugging and documentation. A programmer can use native communications drivers or take advantage of Keithley's KNM-DDE Measurement Server for easy communications interfacing.

Communications Options and Specifications

Ethernet 10BaseT

This Ethernet standard is growing in popularity because of its simple cabling requirements. All that's required to get full 10Mbps performance is a simple, low-cost twisted-pair cable using common RJ-45 telephone connectors.

PROTOCOL: TCP-IP, UDP subset.

HOST REQUIREMENTS: Boot P protocol.

ISOLATION: Per IEEE 802.3 (CSMA/CD).

MEDIUM: Two-wire twisted-pair, 24AWG, unshielded.

SEGMENT LENGTH: 100 meters.

NUMBER OF DEVICES: Unlimited.

Ethernet 10Base2

10Base2, which is the most common Ethernet standard by far, uses small diameter coaxial cable ("thinnet") for a more noise immune network over longer distances, at 10Mbps.

PROTOCOL: TCP-IP, UDP subset.

HOST REQUIREMENTS: Boot P protocol.

ISOLATION: Per IEEE 802.3 (CSMA/CD).

MEDIUM: Thinwire coax.

SEGMENT LENGTH: 185 meters.

NUMBER OF DEVICES: Unlimited.

Ethernet 10BaseF

Fiber optic transmission provides unparalleled noise immunity.

PROTOCOL: TCP-IP, UDP subset.

HOST REQUIREMENTS: Boot P protocol.

ISOLATION: Per IEEE 802.3 (CSMA/CD).

MEDIUM: Fiber optic cable, 10BaseFL compatible.

SEGMENT LENGTH: 2000 meters.

NUMBER OF DEVICES: Unlimited.

Ethernet 10BaseAU1

For 10base5 thicknet twinaxial networks, this provides an AUI interface to connect to the network adapters.

PROTOCOL: TCP-IP, UDP subset.

HOST REQUIREMENTS: Boot P protocol.

ISOLATION: Per IEEE 802.3 (CSMA/CD).

MEDIUM: Triaxial cable via user-supplied AUI adapter.

SEGMENT LENGTH: 500 meters.

NUMBER OF DEVICES: Unlimited.

RS232-C

The serial communications port built into every PC conforms to the RS-232-C standard for connecting two digital devices point-to-point.

PROTOCOL: Command/Response or Direct Print.

COMM. SIGNALS: TX, RX, Gnd. (pins 2,3,7).

SPECIFIC COMMANDS: None.

DATA FORMAT: ASCII.

PARITY: Odd, even, none.

BAUD: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.4K, 19.2K.

STOP BITS: 1 or 2.

INPUT LEVELS: Mark = False = -3 to -15 VDC;
Space = True = +3 to +15VDC.

CABLE DISTANCE: 50 feet.

TIMING FORMAT: Asynchronous.

ISOLATION: None.

DUPLEX: Half, full.

NUMBER OF DEVICES: One.

RS-422

By using a differential transmission technique, RS-422 offers greater distance and noise immunity of point-to-point communications than RS-232-C can provide.

PROTOCOL: Command/Response

COMM. SIGNALS: Transmit \pm , Receive \pm , Common, Shield.

PARITY: Odd, even, none.

BAUD: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.4K, 19.2K.

STOP BITS: 1 or 2.

DATA FORMAT: ASCII.

INPUT LEVELS: Mark = False = -R+>-by>200mV;
Space = True = R+ <R-by <200mV.

CABLE DISTANCE: 4,000 feet.

TIMING FORMAT: Asynchronous.

DUPLEX: Half, full.

ISOLATION: None.

NUMBER OF DEVICES: One.

RS-485

By adding multiple device addressing, RS-485 permits up to 126 devices to communicate over the same serial network, while offering the same distance and noise immunity specs as RS-422.

PROTOCOL: Command/Response with prepended address.

NUMBER OF DEVICES: Up to 126.

COMM. SIGNALS: Transmit - Receive pair (\pm), Common, Shield.

PARITY: Odd, even, none.

BAUD: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.4K, 19.2K.

STOP BITS: 1 or 2.

DATA FORMAT: ASCII.

INPUT LEVELS: Mark = False = -R+>-by>200mV;
Space = True = R+ <R-by <200mV.

CABLE DISTANCE: 4,000 feet.

TIMING FORMAT: Asynchronous.

TRANSMISSION SPEED: TBD per second (nom.), TBD per second (max.).

ISOLATION: "Host Only" available.

DUPLEX: Half, Multidrop.

MODEM

Using phone lines to communicate can bridge very large distances—across a plant or across the country. Connecting a single SmartLink via modem is as simple as ordering a -RS232 SmartLink version and a KNM-COM-MODEM-232. For more than one SmartLink at the modem site, order -RS485 SmartLink versions and a single KNM-COM-MODEM-232, plus one KNM-COM-485-232-TB.

PROTOCOL: Hayes compatible.

BAUD: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.4K, 19.2K.

DATA FORMAT: ASCII.

DISTANCE: Unlimited to modem, 50 feet to RS232 instrument, and 4000 feet to farthest RS485 instrument.

NUMBER OF DEVICES: 1 for RS232, 126 for RS485.

PCMCIA

PCMCIA, also called PC-Cards, is a small-format interface common on laptop PCs. Interfacing is simple. To use a PCMCIA interface with a SmartLink instrument, order a -RS485 version and a KNM-COM-RS4-PCMCIA. To connect additional instruments, order additional -RS485 SmartLink instruments with a KNM-COM-485-TAP (network taps) for each instrument. These devices simplify multidrop connection wiring.

PROTOCOL: Command/Response.

PCMCIA FORMAT: Type II.

DISTANCE: 4000 feet to farthest RS485 instrument.

NUMBER OF DEVICES: 126.

FORTHCOMING INTERFACE OPTIONS

Communications interfaces and architectures are evolving continuously. Contact the factory for availability information on the following:

DeviceNet	Centronics (EPP)
FieldBus H1	IEEE-1394 FireWire
Profibus	IEEE-488
HART	USB

Quality and Reliability

Keithley's SmartLink Instruments are designed to comply with worldwide standards for quality and reliability. An on-board, self-diagnostic package monitors instrument and sensor operation. This technology allows an instrument to alert the user to failures in the sensor, analog circuit and processing sections, with specific diagnostic messages to aid in system troubleshooting. The user is guided directly to the source of the problem, minimizing guesswork for increased uptime. Instruments also include extensive protection against undesirable electrical input, such as transient impulses and misapplied input potentials. The input circuitry has been proven to withstand 8kV electrostatic discharges across all input terminals, exceeding IEC/EN testing standards.

Self Diagnostics & MTBF

With industry proven chip-on-board technology and selected high quality components in a rugged, lightweight package, Keithley's SmartLink Instruments will have an MTBF of at least 60,000 hours (for a typical instrument operating within its specified limits).

Preventive maintenance is always less expensive than downtime, so the self-diagnostics package can provide invaluable information when design parameters are exceeded. For example, nearby lightning discharges can cause an increase in spurious measurements, which may indicate an imminent instrument failure. The self-diagnostics package can pinpoint these anomalies, allowing the user to remove a questionable instrument before a failure occurs, saving time and money.

Standards and Approvals

Various worldwide agencies have developed useful standards to ensure electronic equipment meets uniform safety and product performance criteria. Keithley's SmartLink Instruments have been designed to comply with these standards as applicable. (See the specifications for each instrument for details.) The agencies that control the approvals referred to in the product specifications are described below.

European compliance

Products destined for use in Europe must comply with the requirements of the "CE" mark. This includes emissions radiation and susceptibility and input transient protection. SmartLink Instruments bearing this mark have been tested and fully comply with these requirements.

Safety compliance

All instruments are designed to comply with the safety requirements of CE, Canadian CSA and Underwriters Laboratories standards listed in the detailed specification sheets for each instrument. An extensive testing program

during product development ensures all instruments comply with the rigorous safety requirements of these standards organizations.

Intrinsic safety

Instruments displaying either FM or CENELEC symbols have been approved for use in hazardous areas (classified) locations when following the proper installation procedures and utilizing intrinsic safety barriers. Factory Mutual is the recognized authority in North America, while CENELEC is widely recognized in Europe.

Environmental protection

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) and IEC (International Electrotechnical Commission) standards control the various environmental protection ratings for electrical enclosures. Instrument enclosures have been designed to comply as indicated on the specification sheets. The standard commercial enclosure (indicated by -C in the model number) is suitable for general-purpose factory and field use. Hardened enclosures will soon be available for harsher environments, or SmartLink instruments can be mounted inside NEMA enclosures. An extended temperature range (-E) is also available.

Questions?

Phone: 1-216-248-0400

Toll Free:

1-800-552-1115 (U.S. only)

Internet:

<http://www.keithley.com>

Contact us for technical assistance, product support or ordering information.

KEITHLEY

1 & 3 Channel High Speed Bridge

KNM-BRG11
KNM-BRG12

Functional Description

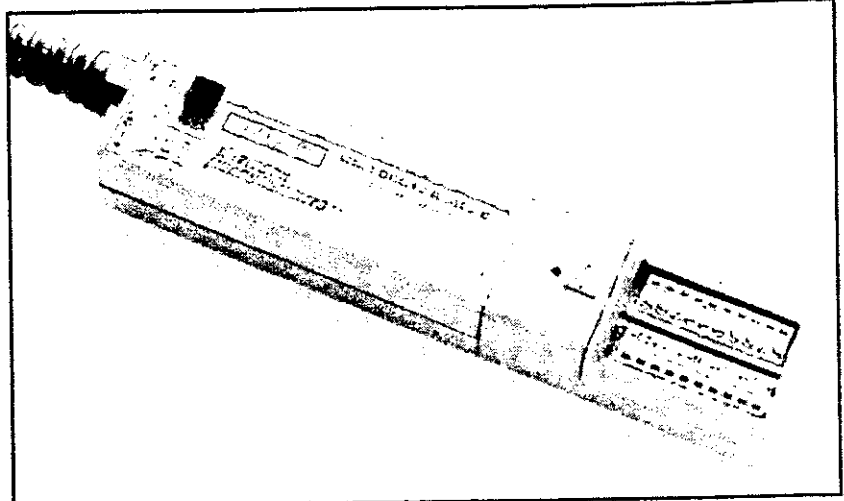
The Model BRG12 is a self-contained, strain gauge, signal conditioning instrument for up to three resistive bridge-type sensor inputs in quarter, half and full bridge configurations. A single-channel version, Model BRG11, is also available. Bridge completion resistors can be wired directly to SmartLink input terminals. High reading throughput of up to 31,000 readings per second make the Model BRG11 and BRG12 valuable for many dynamic strain applications, and its high accuracy and six-wire bridge connections enhance static strain and weight applications. The on-board reading memory can buffer up to 15,000 8-bit readings or 7,500 16-bit readings.

Standard Features*

- Limits:** Two, high or low per channel.
- Scaling:** Zero, span, or $mX+b$ with units per channel.
- Statistics:** Maximum and minimum readings per channel.
- Scanning:** Time interval, on command, and level triggered scans. Set number of scans and pre-trigger percent.
- Data Fields:** Configure readings by value, channel number, channel tag, units, reading number, time & date, and/or limit status.
- Valid Data:** Readings can be ignored unless they fall in a valid data range, reducing bandwidth and memory requirements.
- Data Storage:** Configure reading memory size and resolution; all or selected scans; wrap or stop when full; ASCII or binary.

Software & Programming

NetAcq start-up software is provided with each instrument to help get the instrument up and running within minutes. Basic data acquisition functions, including configuration, logging, trending and data storage, are supported. The start-up package is a fully functional, stand-alone Windows-based package that will run on any PC.



In the event that NetAcq does not provide the required application functionality, Keithley provides the software links to enable a quick integration into many application software packages. Drivers are available for the most popular Man-Machine Interface (process-oriented), data acquisition (Windows-based graphical interface), and language-based (Visual Basic, C, Pascal) software. The SmartLink software structure also automatically accommodates all of the communication protocols available to simplify the integration process further.

Communications

SmartLink Instruments are designed for simple system interfacing. Instruments are factory configured for the communications type ordered and all connections are made using industry standard terminations appropriate for a particular network.

System start-up and debug often require frequent trips to the server location and the measurement site. Using the Multimeter Interface accessory, it's possible to operate the instrument from the built-in accessory port without connecting it to the network communications port. Both devices come pre-loaded with software that accesses all instrument functions.

SmartLink™ Features

- **Comprehensive Measuring Solution for: Torque, Weight, Pressure, Strain**
- **Single- or 3-Channel**
- **Quarter, Half or Full Bridges**
- **Full 6 Wire Bridge**
- **Throughput to 31,000 rdg/s**
- **Bridge Resistances from 30 Ω to 10k Ω**
- **5 Year Warranty**
- **5 Year $\pm 30^{\circ}\text{C}$ Accuracy: $\pm <10\mu\epsilon$**
- **Miniature Package**

APPLICATIONS

- **Load, Force & Pressure Transducers**
- **Weighing Applications**
- **Strain Measurements**
- **Structural Monitoring**
- **Strain Gage Testing**
- **Data Acquisition Systems**
- **Vibration Tests**

SMARTLINK INSTRUMENTS

* Refer to the Command Map, a comprehensive overview of the SmartLink command set.

KEITHLEY

KNM-BRG11 KNM-BRG12

1 & 3 Channel High Speed Bridge

SMARTLINK INSTRUMENTS
©1998 KEITHLEY INSTRUMENTS

High Speed Bridge

Single Channel Instruments

KNM-BRG11-RS232-C
Single-Channel RS-232-C
KNM-BRG11-RS422-C
Single-Channel RS-422
KNM-BRG11-RS485-C
Single-Channel RS-485
KNM-BRG11-EthrT-C
Single-Channel Ethernet
10BaseT
KNM-BRG11-Ethr2-C
Single-Channel Ethernet
10Base2
KNM-BRG11-EthrA-C
Single-Channel Ethernet AUI
KNM-BRG11-EthrF-C
Single-Channel Ethernet
10BaseF

Multi-Channel Instruments

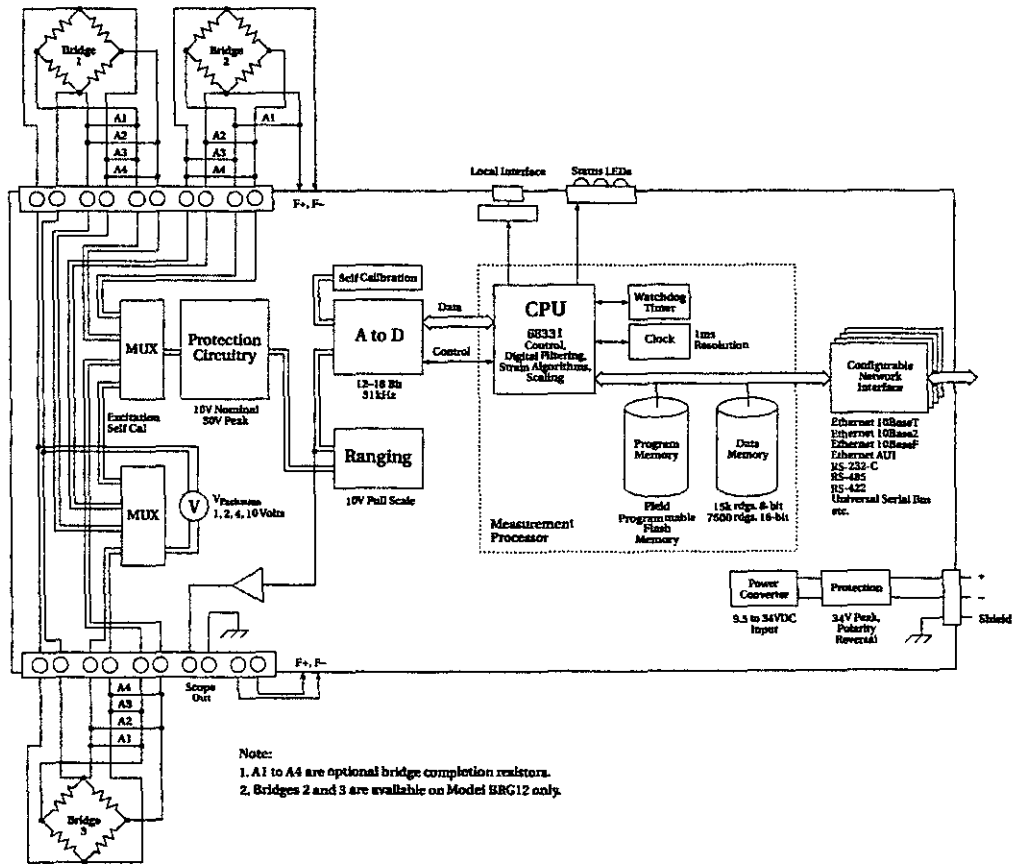
KNM-BRG12-RS232-C
3 Channel RS-232-C
KNM-BRG12-RS422-C
3 Channel RS-422
KNM-BRG12-RS485-C
3 Channel RS-485
KNM-BRG12-EthrT-C
3 Channel Ethernet 10BaseT
KNM-BRG12-Ethr2-C
3 Channel Ethernet 10Base2
KNM-BRG12-EthrA-C
3 Channel Ethernet AUI
KNM-BRG12-EthrF-C
3 Channel Ethernet 10BaseF

Configuration

Very little instrument configuration is required. After the appropriate type of instrument for a particular measurement is determined, the communications interface, power supply and mounting scheme must be selected. Interfaces are all factory installed and configured to order. For the power supply, determine the total system load needed in watts, then select the appropriate unit or provide another source of power (9.5–34 VDC).

Installation

The form factors of conventional instruments and system components normally dictate the physical and electrical characteristics of a system. Long analog wiring runs or racks of equipment in the field are often required. SmartLink Instruments impose no such restrictions. It's possible to put network nodes at measurement sites and still get instrument-grade readings. Instruments can mount on a DIN rail, screw to a panel, be placed in a wiring tray, or be located virtually anywhere a source of power (9.5–34 VDC) and a network connection can be found. This permits a wide range of system configurations that can easily be rearranged to suit changing needs. Because of their small size, instruments can often be placed in junction boxes or within electrical panels if environmental protection is required. Environmentally hardened enclosures are also available.



SMARTLINK INSTRUMENTS

1 & 3 Channel High Speed Bridge

KNM-BRG11 KNM-BRG12



- Options**
- KNM-CALDATA-BRGXX Calibration Data
- Accessories**
- KNM-BRG-KIT1 Bridge Completion Resistor Kit
 - KNM-DINMT DIN Mounting Assembly
 - KNM-MMI-100 Multimeter Interface
 - KNM-MMI-120 Enhanced Multimeter Interface
 - KNM-MMI-KIT Multimeter Interface Kit
 - KNM-PS-MOD-40-AC 40 Watt, 90-264 VAC Power Supply
 - KNM-PS-WALL-9-ACUS 9 Watt, 120 VAC Power Supply
 - KNM-PS-WALL-9-ACEU 9 Watt, 240 VAC Power Supply
 - KNM-PS-MOD-9-DC12 9 Watt, 8-15 VDC Power Supply
 - KNM-PS-CONN01 Power Supply Connector
 - KNM-SW-TSTPT TestPoint Software
 - KNM-SCWMT Screw-in Panel Mount
 - KNM-VELMT Velcro® Mount

SMARTLINK INSTRUMENTS

ACCURACY & RESOLUTION³

EXCITATION	SENSITIVITY	RANGE		GAIN	ACCURACY			RESOLUTION	
		Normal	Unbalanced ⁴		5 Years ±30 °C Raw	24 Hour Raw	10 rdg. Avg.		
Strain	1V	2mV/V/1000µe	±12,500 µe	±7,500 µe	400	±14 µe	±10 µe	±4 µe	±0.4 µe
		2mV/V/1000µe	±25,000 µe	±20,000 µe	200	±18 µe	±12 µe	±4 µe	±0.8 µe
		2mV/V/1000µe	±50,000 µe	±45,000 µe	100	±34 µe	±16 µe	±7 µe	±1.6 µe
		2mV/V/1000µe	±125,000 µe	±120,000 µe	40	±75 µe	±38 µe	±15 µe	±3.9 µe
	2V	2mV/V/1000µe	±6,250 µe	±1,250 µe	400	±9 µe	±6 µe	±2.5 µe	±0.2 µe
		2mV/V/1000µe	±12,500 µe	±7,500 µe	200	±11 µe	±6 µe	±2.5 µe	±0.4 µe
		2mV/V/1000µe	±25,000 µe	±20,000 µe	100	±17 µe	±8 µe	±3.2 µe	±0.8 µe
		2mV/V/1000µe	±12,500 µe	±57,500 µe	40	±35 µe	±17 µe	±7 µe	±2 µe
	4V	2mV/V/1000µe	±125,000 µe	±120,000 µe	20	±80 µe	±45 µe	±18 µe	±3.9 µe
		2mV/V/1000µe	±3,125 µe	—	400	±5 µe	±3 µe	±1.25 µe	±0.1 µe
		2mV/V/1000µe	±6,250 µe	±1,250 µe	200	±5 µe	±3 µe	±1.25 µe	±0.2 µe
		2mV/V/1000µe	±12,500 µe	±7,500 µe	100	±10 µe	±5 µe	±2 µe	±0.4 µe
	2mV/V/1000µe	±31,250 µe	±26,250 µe	40	±18 µe	±9 µe	±3.6 µe	±1 µe	
		±62,500 µe	±55,000 µe	20	±38 µe	±20 µe	±8 µe	±2 µe	
		±125,000 µe	±120,000 µe	10	±75 µe	±38 µe	±15 µe	±3.9 µe	
		2mV/V/1000µe	±1,250 µe	—	400	±2.5 µe	±2 µe	±0.8 µe	±0.05 µe
10V	2mV/V/1000µe	±3,125 µe	—	200	±4 µe	±3 µe	±1.2 µe	±0.1 µe	
	2mV/V/1000µe	±6,250 µe	—	100	±7 µe	±5 µe	±2 µe	±0.2 µe	
	2mV/V/1000µe	±12,500 µe	±7,500 µe	40	±14 µe	±9 µe	±3.6 µe	±0.4 µe	
	2mV/V/1000µe	±31,250 µe	±25,000 µe	20	±29 µe	±20 µe	±8 µe	±1 µe	
2mV/V/1000µe	±62,500 µe	±56,250 µe	10	±48 µe	±30 µe	±12 µe	±2 µe		
Pressure, Weight, Torque	1V	2mV/V	±100%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0038%	
		3mV/V	±80%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0025%	
		2000	±100%	2000	±0.8%	±0.65%	±0.26%	±0.0052%	
	5mV/V	±50%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0016%		
		±100%	2000	±0.8%	±0.65%	±0.26%	±0.0031%		
		±25%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0008%		
	10mV/V	±50%	2000	±0.8%	±0.65%	±0.26%	±0.0016%		
		±100%	1000	±0.46%	±0.32%	±0.13%	±0.0031%		
		±60%	4000	±1.4%	±0.96%	±0.38%	±0.0019%		
	2V	3mV/V	±100%	2000	±0.72%	±0.48%	±0.19%	±0.0039%	
		±40%	4000	±1.4%	±0.96%	±0.38%	±0.0013%		
		±80%	2000	±0.72%	±0.48%	±0.19%	±0.0025%		
	5mV/V	±100%	1000	±0.44%	±0.32%	±0.13%	±0.0052%		
		±25%	4000	±1.4%	±0.96%	±0.38%	±0.0008%		
		±50%	2000	±0.72%	±0.48%	±0.19%	±0.0016%		
	10mV/V	±100%	1000	±0.44%	±0.32%	±0.13%	±0.0031%		
		±12%	4000	±1.4%	±0.96%	±0.38%	±0.0004%		
		±25%	2000	±0.72%	±0.48%	±0.19%	±0.0008%		
	4V	2mV/V	±50%	1000	±0.44%	±0.32%	±0.13%	±0.0016%	
		±100%	400	±0.15%	±0.1%	±0.04%	±0.0039%		
		±30%	4000	±1.6%	±0.96%	±0.38%	±0.0009%		
	3mV/V	±60%	2000	±0.8%	±0.48%	±0.19%	±0.0019%		
		±100%	1000	±0.48%	±0.32%	±0.12%	±0.0038%		
		±20%	4000	±1.6%	±0.96%	±0.38%	±0.0006%		
	5mV/V	±40%	2000	±0.8%	±0.48%	±0.19%	±0.0013%		
		±80%	1000	±0.48%	±0.32%	±0.12%	±0.0025%		
		±100%	400	±0.16%	±0.1%	±0.04%	±0.0065%		
	10mV/V	±12%	4000	±1.6%	±0.96%	±0.38%	±0.0004%		
		±25%	2000	±0.8%	±0.48%	±0.19%	±0.0008%		
		±50%	1000	±0.48%	±0.32%	±0.12%	±0.0016%		
	10V	2mV/V	±100%	400	±0.16%	±0.1%	±0.04%	±0.0039%	
		±12%	2000	±0.8%	±0.4%	±0.16%	±0.0004%		
		±25%	1000	±0.6%	±0.4%	±0.16%	±0.0008%		
	3mV/V	±50%	400	±0.2%	±0.12%	±0.05%	±0.0016%		
		±100%	200	±0.12%	±0.10%	±0.04%	±0.0039%		
		±8%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0003%		
5mV/V	±16%	2000	±0.8%	±0.4%	±0.16%	±0.0005%			
	±33%	1000	±0.6%	±0.4%	±0.16%	±0.0010%			
	±80%	400	±0.2%	±0.12%	±0.05%	±0.0025%			
10mV/V	±100%	200	±0.12%	±0.10%	±0.04%	±0.0052%			
	±5%	4000	±1.2%	±0.8%	±0.32%	±0.0002%			
	±10%	2000	±0.8%	±0.4%	±0.16%	±0.0003%			
2mV/V	±20%	1000	±0.6%	±0.4%	±0.16%	±0.0006%			
	±40%	400	±0.2%	±0.12%	±0.05%	±0.0013%			
	±100%	200	±0.12%	±0.10%	±0.04%	±0.0031%			
3mV/V	±5%	2000	±0.6%	±0.4%	±0.16%	±0.0002%			
	±10%	1000	±0.4%	±0.4%	±0.16%	±0.0003%			
	±25%	400	±0.2%	±0.12%	±0.05%	±0.0008%			
5mV/V	±50%	400	±0.12%	±0.1%	±0.04%	±0.0016%			
	±100%	200	±0.12%	±0.1%	±0.04%	±0.0031%			



ACCURACY & RESOLUTION (continued)³

EXCITATION	SENSITIVITY	RANGE		GAIN	ACCURACY				RESOLUTION
		Normal	Unbalanced ⁴		5 Years ¹ ±30°C Raw	24 Hour ² Raw	10 rdg. Avg.		
Bridge Voltage									
1, 2 or 4V	2mV/V	±25 mV	—	400	40 μV	24 μV	10 μV	0.8 μV	
1, 2 or 4V	2mV/V	±50 mV	—	200	42 μV	24 μV	9.6 μV	1.6 μV	
1, 2 or 4V	2mV/V	±100 mV	—	100	76 μV	40 μV	16 μV	3 μV	
1, 2 or 4V	2mV/V	±250 mV	—	40	180 μV	90 μV	36 μV	7.7 μV	
1 or 2V	2mV/V	±500 mV	—	20	300 μV	200 μV	40 μV	15.3 μV	
1V	2mV/V	±1000 mV	—	10	600 μV	400 μV	160 μV	31 μV	
2 or 4V	2mV/V	±1000 mV	—	10	600 μV	360 μV	150 μV	31 μV	
4V	2mV/V	±500 mV	—	20	380 μV	200 μV	80 μV	15.3 μV	
10V	2mV/V	±25 mV	—	400	50 μV	30 μV	12 μV	0.8 μV	
10V	2mV/V	±50 mV	—	200	68 μV	50 μV	20 μV	1.6 μV	
10V	2mV/V	±100 mV	—	100	136 μV	100 μV	40 μV	3 μV	
10V	2mV/V	±250 mV	—	40	270 μV	180 μV	72 μV	8 μV	
10V	2mV/V	±500 mV	—	20	580 μV	400 μV	160 μV	16 μV	
10V	2mV/V	±1000 mV	—	10	960 μV	600 μV	240 μV	31 μV	

1. Accuracy specifications include the effects of non-linearity, hysteresis and non-repeatability over ±30°C for 5 years at 10,000 rdgs/sec or lower.
2. Accuracy specifications include the effects of non-linearity, hysteresis and non-repeatability over ±1°C for 24 hours at 10,000 rdgs/sec or lower.
3. All accuracies include instrument errors such as A/D errors, reference junction errors and conformity errors. Sensor errors cannot be predicted and therefore are not included.
4. With up to 1% imbalance.

NUMBER AND TYPE OF MEASUREMENTS SUPPORTED

Analog Inputs	# of Pins/Channel	# of Available Channels	
		BRG11	BRG12
Pressure/Gage	6	1	3
Strain/Gage	6	1	3
Torque/Gage DC	6	1	3
Weight/Gage	6	1	3
Total Analog Channels		1 any type	3 any type
Calculated Channels			
<i>Calculated¹</i>		1	4

¹Contact factory for availability.

NO. OF BRIDGES PER INSTRUMENT

BRIDGE RESISTANCE	EXCITATION			
	1V	2V	4V	10V
5 kΩ	>12	>12	>12	>12
1 kΩ	>12	>12	10	4
700 Ω	>12	>12	7	2
350 Ω	>12	8	4	1
240 Ω	12	4	2	—
120 Ω	4	2	1	—
30 Ω	1	—	—	—

ANALOG FRONT END

CHANNELS: Three (Model BRG12) or one (Model BRG11).

A/D CONVERSION: 12–16 bit high speed successive approximation (effective resolution).

EXCITATION: 1V, 2V, 4V, 10V @ 38mA, short circuit protected. Excitation accuracy is included in overall accuracy specification.

SPEED: 0–33kHz.

BRIDGE CONFIGURATION: Full, half and quarter bridge with provision for external completion resistors.

BRIDGE OUTPUT: Accepts gage factors of 2mV/V to 200mV/V @ 1000μe.

BRIDGE RESISTANCE: Accepts 30Ω to 10kΩ bridges, 120Ω to 10kΩ without accuracy degradation.

INPUT OVERLOAD PROTECTION: 40V continuous, 8kV electrostatic discharge.

INPUT IMPEDANCE: 10⁷Ω minimum.

FREQUENCY RESPONSE (Analog Output), typical: ±3dB DC to 16kHz.

OPTIONAL BRIDGE COMPLETION KIT KNM-BRG-KIT

RESISTORS PROVIDED: 3 each: 350Ω, 1000Ω.

ACCURACY: ±0.1% typical.

TEMPERATURE COEFFICIENT: ±0.001%/°C.

COMMAND EXAMPLES

MEASURE

```
:Meas? <chan_list> <#_of_rdg> |Off>
:Capture? <chan_list> <#_of_rdg> |All> <ImmediateLevel>
<chan#> <level> <HI|LO> <interval_usec>
<ASCII|Binary>
```

FILTER

```
:Filter:Dig <chan_list> <On|Off>
:Config:Filter:Dig:MvgAvg <chan_list> <#_of_meas>
```

SCALING

```
:Scaling <chan_list> <On|Off>
:Config:Scaling <chan_list> <<span>&l <mb>&i <table>&l
<poly>>
:Config:Scaling:MB <chan_list> <m_value> <b_value>
:Config:Scaling:Span <chan_list> <zzero_value> <+span>
<-span>
:Config:Scaling:Units <chan_list> <"new_units">
```

LIMITS

```
:Limits <<chan_list> |All> <On|Off>
:Config:Limits <chan_list> <Lim1|Lim2> <HI|LO>
<lim_value> <hysteresis>
:Config:Limits:Assoc <digout_chan#> <chan_list>
<Lim1|Lim2>
```

STATISTICS

```
:Stats:Max? <chan_list>
:Stats:Min? <chan_list>
```

CONFIG CHANS (Per Channel)

```
:Config <chan#> <Calculated <chan#A> <math_func>
<chan#B> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Pressure Gage <fs_pressure>
<bridge_type> <gage_factor> <poisson_ratio>
<excitation_voltage> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Strain Gage <fs_strain>
<bridge_type> <gage_factor> <poisson_ratio>
<excitation_voltage> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Torque GageDC <rated_cap>
<p_scale_factor> <n_scale_factor>
<excitation_voltage> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Weight Gage <rated_cap>
<p_scale_factor> <n_scale_factor>
<excitation_voltage> <"chan_tag">
```

CONFIG UNITS

```
:Config:Units:Force <Lb|N|Kg|O>
:Config:Units:Torque <FtLb|InLb|Nm|KgIn|InO>
:Config:Units:VDC <Volts|mVolts>
:Config:Units:Weight <Lb|N|Kg|O>
:Config:Units:Strain <uE|Comp|mV>
:Config:Units:Pressure <PSI|Atm|kPa>
```

TIME, DATE

```
:Time <hh:mm:ss.sss>
:Date <mm/dd/yyyy>
:Time:SyncGlobal
```

SYSTEM

```
*Sav,*Rcl (Save & Recall)
:System:POSetup <Saved|Factory>
*Idn? (Identification)
```

OUTPUT

```
:Output <chan_list> <value>
```

DATAMEM

```
:DataMem? <chan_list> <All> <scan_list>
:DataMem:Last?
:DataMem:Next?
:DataMem:Memsizes?
```

CONFIG DATAMEM

```
:Config:DataMem:Scans?
:Config:DataMem:Captures?
:Config:DataMem:Mode <WrapWhenFull|StopWhenFull>
```

CONFIG DATA

```
:Config:Data:Fields <Read&lUnits&lChan&lChan_Tag&l
Rnum&lTime&lDate&lLimits&lStat>
```

MEASUREMENT PROCESSOR

THROUGHPUT: Single Channel: 31k readings/second maximum. Multi-Channel: 2400 readings/second maximum. Divide by number of channels selected for per-channel rates.

CHANNEL CHANGE SPEED: 390µs.

READING MEMORY (VOLATILE):

Timestamp Resolution	8-Bit Readings		16-Bit Readings	
	Sync ¹	Async ²	Sync ¹	Async ²
None	15,000	15,000	7,500	7,500
8-bit	15,000	7,500	7,500	5,000
16-bit	15,000	5,000	7,500	3,750
24-bit	15,000	3,750	7,500	3,000
32-bit	15,000	3,000	7,500	2,500

¹ Synchronous (interpolated timestamp).

² Asynchronous (timestamp stored with every reading).

CONFIGURATION MEMORY: Non-volatile flash.

TIMING ACCURACY: ±0.002%/ month.

TIMING RESOLUTION: 1ms asynchronous (timestamp with each reading), 10µs synchronous.

TIMING SYNCHRONIZATION: ±1 ms between multiple units.

PEAK MEASUREMENTS: Stores highest absolute value.

FILTERING: Measurement Average: 1 to 100 readings per measurement. Moving Average: 1 to 50 measurements.

USER DEFINABLE UNITS: 1-4 characters with mX+b scaling.

SPECIFIC CALCULATIONS: Microstrain, pressure, weight, force, torque.

LIMITS: LIM1 (HI or LO); LIM2 (HI or LO) per channel.

RECORDER OUTPUT: 10V (0-100%) for ×10, ×20, and ×40; ±1V (0-100%) for ×100, ×200 and ×400; and ±0.1V (0-100%) for ×1000 and above (autozero off only).

GENERAL SPECIFICATIONS

POWER SUPPLY: 9.5 to 34 VDC, reverse polarity protected, up to 10% ripple with no degradation, maximum 34VDC.

POWER CONSUMPTION: 3.5W, 5.0W w/Ethernet.

OPERATING ENVIRONMENT: -5°C to 65°C, 0-95% RH (NC). Specifications valid for 0-70% RH (NC) up to 35°C; from 35° to 65°C linearly derate 3% RH/°C.

STORAGE ENVIRONMENT: -20°C to 85°C.

ALTITUDE: 10,000 feet (3,050m) operating; 40,000 feet (12,200m) non-operating.

ELECTRICAL SAFETY: Designed to meet IEC1010, CSA C22.2 No. 231, UL3111.

EMI EMISSIONS: EN55022 Class B, FCC Part 15 Class A.

EMI IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-3 A.

ELECTROSTATIC IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-2 B.

COMMON MODE FAST TRANSIENT IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-4 B.

ENVIRONMENTAL PROTECTION: NEMA 4, IP 65 with optional industrial enclosure (-I).

VIBRATION: 0.25mm @ resonance for 15 min.

WARMUP (FULL ACCURACY): 40 minutes (maximum).

MOUNTING: DIN rail, screw mount, or Velcro.

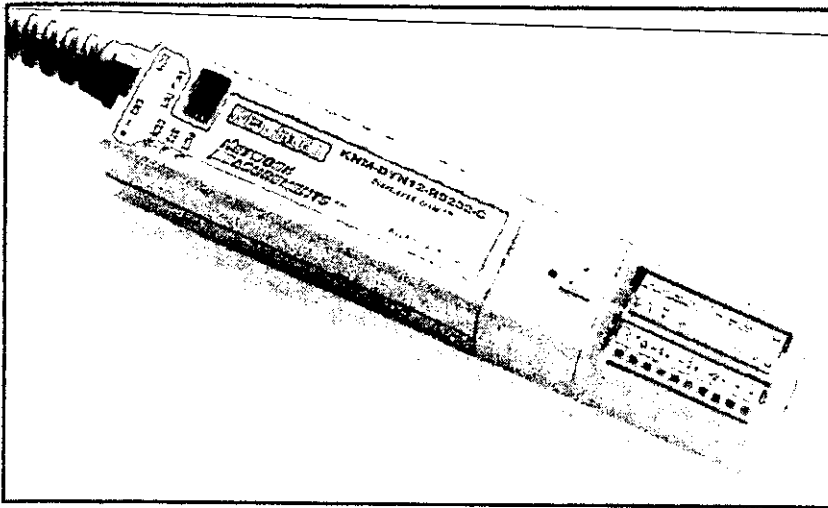
NET WEIGHT: <0.25kg (<0.5 lb).

DIMENSIONS: 17.0cm long × 3.3cm wide × 2.7cm thick (6.7 in. × 1.3 in. × 1.1 in).

WARRANTY: 5 years.

KNM-DYN11 KNM-DYN12

PIEZO AND CAPACITIVE Force-Acceleration-Pressure



Features

- Comprehensive Measuring Solution for: Force, Pressure, Acceleration, Weight
- Power Supply and Signal Conditioner for Low Impedance Piezo & Capacitive Sensors
- Up to 8 Transducer or Digital Inputs
- Throughput to 33,000 Readings/Second
- Microprocessor Controlled
- Small Size (6.2" x 1.2" x 1.1")
- 1 Temperature Input
- Analog Monitor Output

APPLICATIONS

- Dynamic Force & Pressure Measurements
- Acceleration Measurements
- Cutting Force measurements
- Biomechanical Force Measurements
- Plastics Processing
- Process Monitoring Systems
- Distributed Measuring Systems
- Tilt Measurement

General Description

Now there is an easy, convenient way to interface low impedance piezoelectric and capacitive sensors to your computer or network. With the DYN12, you can accurately measure up to eight channels of pressure, force and acceleration using low impedance, voltage mode piezo sensors—or interface with capacitive sensors to measure up to four channels of low frequency or static acceleration. (The DYN11 is a single-channel version.)

Because of the small size and form factor, you can use these instruments anywhere: mount the interface on a panel, lay it on the bench, mount it on a DIN rail.

The piezoelectric inputs accept signals from up to eight 2-wire sensors with a low impedance, voltage output (ICP compatible). A built-in constant current supply provides the required excitation current to the sensors. You can also use capacitive accelerometers, and the unit will power and accept signals from up to four accelerometers.

The DYN11/12 is excellent for general vibration measurement, where it can support single channel or multichannel burst measurements. For modal analysis, multiple DYN11/12s can provide the simultaneity needed.

Twenty screw terminals are provided for the inputs. There is an analog recorder/scope output scaled from 0 to ± 10 volts. The instrument circuitry includes gain settings and filtering, including second order high-pass and low-pass filters with a wide range of selectable corner frequencies.

These instruments are easy to interface to your computer or network. They contain an on-board microcomputer that provides a powerful combination of data acquisition, signal processing and communication capabilities, enabling processed information to be transmitted to the host computer.

Standard Features

- Limits:** Two per channel, high or low.
- Scaling:** Zero, span, or $mX+b$ with units per channel.
- Statistics:** Maximum and minimum readings per channel.
- Scanning:** Time interval, on command, and level and triggered scans. Set number of scans and pre-trigger percent.
- Data Fields:** Configure readings by value, channel number, channel tag, units, reading number, time & date, and/or limit status.
- Valid Data:** Readings can be ignored unless they fall in a valid data range, reducing bandwidth and memory requirements.
- Data Storage:** Configure reading memory size and resolution; all or selected scans; wrap or stop when full; ASCII or binary.

Software & Programming

NetAcq start-up software is provided with each instrument to help get the instrument up and running within minutes. Basic data acquisition functions, including configuration, logging, trending and data storage, are supported. The start-up package is a fully functional, stand-alone Windows-based package that will run on any PC.

In the event that NetAcq does not provide the required application functionality, Keithley provides the software links to enable a quick integration into many application software packages. Drivers are available for the most popular Man-Machine Interface (process-oriented), data acquisition (Windows-based graphical interface), and language-based (Visual Basic, C, Pascal) software. The SmartLink software structure also automatically accommodates all of the communication protocols available to simplify the integration process further.

KEITHLEY

Communications

SmartLink Instruments are designed for simple system interfacing. Instruments are factory configured for the communications type ordered and all connections are made using industry standard terminations appropriate for a particular network.

System start-up and debug often require frequent trips to the server location and the measurement site. Using the Multimeter Interface accessory, it's possible to operate the instrument from the built-in accessory port without connecting it to the network communications port. Both devices come pre-loaded with software that accesses all instrument functions.

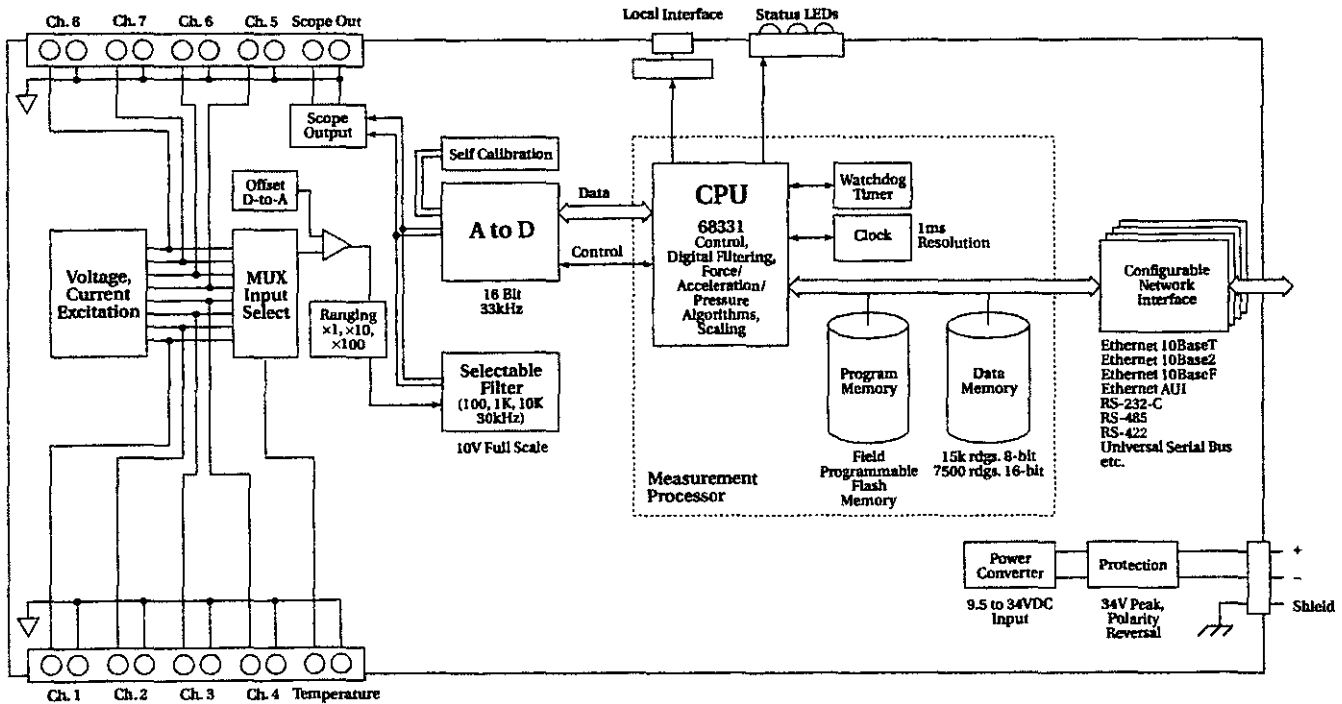
Configuration

Very little instrument configuration is required. After the appropriate type of instrument for a particular measurement is determined, the communications interface, power supply and mounting scheme must be selected. Interfaces are all factory installed and

configured to order. For the power supply, determine the total system load needed in watts, then select the appropriate unit or provide another source of power (9.5-34 VDC).

Installation

The form factors of conventional instruments and system components normally dictate the physical and electrical characteristics of a system. Long analog wiring runs or racks of equipment in the field are often required. SmartLink Instruments impose no such restrictions. It's possible to put network nodes at measurement sites and still get instrument-grade readings. Instruments can mount on a DIN rail, screw to a panel, be placed in a wiring tray, or be located virtually anywhere a source of power (9.5-34 VDC) and a network connection can be found. This permits a wide range of system configurations that can easily be rearranged to suit changing needs. Because of their small size, instruments can often be placed in junction boxes or within electrical panels if environmental protection is required. Environmentally hardened enclosures are also available.



KNM-DYN11 KNM-DYN12

PIEZO AND CAPACITIVE Force-Acceleration-Pressure

Piezo & Capacitive Force-Acceleration-Pressure

Single Channel Instruments

KNM-DYN11-RS232-C
Single-Channel RS-232-C

KNM-DYN11-RS422-C
Single-Channel RS-422

KNM-DYN11-RS485-C
Single-Channel RS-485

KNM-DYN11-EthrT-C
Single-Channel Ethernet
10BaseT

KNM-DYN11-Ethr2-C
Single-Channel Ethernet
10Base2

KNM-DYN11-EthrA-C
Single-Channel Ethernet AUI

KNM-DYN11-EthrF-C
Single-Channel Ethernet
10BaseF

Multi-Channel Instruments

KNM-DYN12-RS232-C
Eight-Channel RS-232-C

KNM-DYN12-RS422-C
Eight-Channel RS-422

KNM-DYN12-RS485-C
Eight-Channel RS-485

KNM-DYN12-EthrT-C
Eight-Channel Ethernet
10BaseT

KNM-DYN12-Ethr2-C
Eight-Channel Ethernet
10Base2

KNM-DYN12-EthrA-C
Eight-Channel Ethernet AUI

KNM-DYN12-EthrF-C
Eight-Channel Ethernet
10BaseF

ACCURACY & RESOLUTION^{3,6}

FUNCTION	RANGE	GAIN	5 YEAR ACCURACY ¹		24 HOUR ACCURACY ²		NOISE		RESOLUTION
							RMS	P-P	
RESPONSE VOLTS ⁵	±100 mV	×100	0.8% + 20 μV	0.03% + 20 μV	±12 μV	±80 μV	10 μV		
	±1 V	×10	0.6% + 100 μV	0.02% + 100 μV	±20 μV	±150 μV	100 μV		
	±10 V	×1	0.3% + 1 mV	0.02% + 1 mV	±0.15 mV	±1 mV	1 mV		
ACCELERATION, PRESSURE, WEIGHT ⁵									
			To determine accuracy, multiply measured input (g, lb, psi, kg) by transducer sensitivity.			To determine noise and resolution, divide figures above by transducer sensitivity.			
THERMISTORS - 2-WIRE (10kΩ types) ⁴									
-40°C to +0°C			±0.35°C		±0.3°C		±0.1°C		
+0°C to +50°C			±0.15°C		±0.1°C		±0.1°C		
+50°C to +110°C			±0.35°C		±0.3°C		±0.1°C		

1. Accuracy specifications include the effects of non-linearity, hysteresis and non-repeatability over ±30°C range for 5 years, digital filter, 25 rdgs.
2. Accuracy specifications include the effects of non-linearity, hysteresis and non-repeatability over ±1°C range for 24 hours, digital filter, 25 rdgs.
3. All accuracies include instrument errors such as A/D errors, reference junction errors and conformity errors. Sensor errors cannot be predicted and therefore are not included. Autozero on, Null off.
4. Lead wires in excess of 2Ω may affect accuracy.
5. Add ±40μV/°C and ±4mV if Null command used.
6. For temperatures between ±1° and ±30°C, temperature coefficient is 0.007%/°C for 10V, 0.015%/°C for 1V, and 0.0225%/°C for 100mV.

ANALOG FRONT ENDS

NUMBER OF CHANNELS, DYN11: 1 channel piezo or capacitive, 1 channel thermistor, 1 channel frequency, and scope output.

NUMBER OF CHANNELS, DYN12: 8 channels piezo or 4 channels capacitive, 1 channel thermistor, 1 channel frequency, and scope output.

COUPLING: DC or AC (see high-pass filter) or DC with offset correction.

SENSOR EXCITATION: 2.4mA ± 0.3mA, 20V typical compliance for piezo; 12V ± 5% @ 40mA per SmartLink max. for capacitive.

CONNECTIONS: 20 screw terminals.

NULLING: Auto offset for piezo & capacitive up to 15V.

A/D CONVERSION METHOD: High speed successive approximation.

FREQUENCY RESPONSE: DC to 50kHz (±3dB).

LOW PASS FILTER: 2 pole butterworth, -12dB/octave. 100, 1k, 10k, 30kHz (±10%) selectable 3dB cutoff frequencies. This corresponds to 60Hz, 600Hz, 6kHz, and 17kHz cutoff at 5% down.

HIGH PASS FILTER: 2 pole passive, -12dB/octave, 0.04Hz cutoff frequency (eliminates 1/f noise that can appear as short-term drift).

INPUT BIAS CURRENT: <10nA @ 25°C.

INPUT SLEW RATE: 1.2V/μs typical.

INPUT IMPEDANCE: 10⁶Ω (minimum) for capacitive.

INPUT OVERLOAD PROTECTION: +25V, -13V continuous, 8kV electrostatic discharge.

MEASUREMENT PROCESSOR

MEASUREMENT RESOLUTION: 12-16 bits effective resolution.

THROUGHPUT: Single Channel: 33k readings/second maximum. Multi-Channel: 2400 readings/second maximum. Divide by number of channels selected for per-channel rates.

CHANNEL CHANGE SPEED: 390μs.

READING MEMORY (VOLATILE):

Timestamp Resolution	8-Bit Readings		16-Bit Readings	
	Sync ¹	Async ²	Sync ¹	Async ²
None	15,000	15,000	7,500	7,500
8-bit	15,000	7,500	7,500	5,000
16-bit	15,000	5,000	7,500	3,700
24-bit	15,000	3,750	7,500	3,000
32-bit	15,000	3,000	7,500	2,500

¹ Synchronous (interpolated timestamp).

² Asynchronous (timestamp stored with every reading).

CONFIGURATION MEMORY: Non-volatile flash

TIMING ACCURACY: ± 0.01%/month.

TIMING RESOLUTION: 1ms asynchronous (timestamp with each reading), 10μs synchronous.

TIMING SYNCHRONIZATION: ±1ms between multiple units.

SCALING: mX+B & units designation (4 char.).

FILTERING: Measurement Average: 1 to 100 readings per measurement. Moving Average: 1 to 50 measurements.

PEAK MEASUREMENTS: Stores highest absolute value.

LIMITS: LJM1 (HI or LO); LJM2 (HI or LO) per channel.

COMMAND EXAMPLES

MEASURE
:Meas? <chan_list> <<#_of_rdg> |Off>
:Capture? <chan_list> <#_of_rdg> |All> <Immediate|Level
<chan#> <level> <Hi|Lo>> <interval_usec>
<ASCII|Binary>

FILTER
:Filter:Dig <chan_list> <On|Off>
:Config:Filter:Dig:MvgAvg <chan_list> <#_of_meas>

SCALING
:Scaling <chan_list> <On|Off>
:Config:Scaling <chan_list> < &| <mb> &|
<table>&| <poly>>
:Config:Scaling:MB <chan_list> <m_value> <b_value>
:Config:Scaling:SP <chan_list> <zero_value> <+span>
<-span>
:Config:Scaling:Units <chan_list> <"new_units">

LIMITS
:Limits <<chan_list> |All> <On|Off>
:Config:Limits <chan_list> <Lim1|Lim2> <Hi|Lo>
<lim_value> <hysteresis>
:Config:Limits:Assoc <digout_chan#> <chan_list>
<Lim1|Lim2>

STATISTICS
:Stats:Max? <chan_list>
:Stats:Min? <chan_list>

CONFIG CHANS (Per Channel)
:Config <chan_list> Accel <Piezo|Cap> <fs_accel>
<sensitivity> <AC|DC> <30KHz|10KHz|1KHz|
100Hz> <"chan_tag">
:Config <chan#> Calculated <chan#A> <math_func>
<chan#B> <"chan_tag">
:Config <chan_list> DigIn <#_of_bits> <ActiveHigh|
ActiveLow> <DiffSE> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Force Piezo <fs_force> <sensitivity>
<AC|DC> <30KHz|10KHz|1KHz|100Hz>
<"chan_tag">
:Config <chan_list> Pressure Piezo <fs_pressure>
<sensitivity> <AC|DC>
<30KHz|10KHz|1KHz|100Hz> <"chan_tag">
:Config <chan_list> Temp Thrmstr <type_code> <range>
<4WISE|4WOCISEOC> <"chan_tag">

CONFIG UNITS
:Config:Units:Accel <g|ms>
:Config:Units:Force <Lb|N|Kg|Oz>
:Config:Units:Temp <DegC|DegF|K>
:Config:Units:Weight <Lb|N|Kg|Oz>
:Config:Units:Pressure <PSI|Atm|kPa>

TIME, DATE
:Time <hh:mm:ss.sss>
:Date <mm/dd/yyyy>
:Time:SyncGlobal

SYSTEM
*Sav,*Rcl (Save & Recall)
:System:POSetup <Saved|Factory>
*Idn? (Identification)

DATAMEM
:DataMem? <chan_list> <All> <scan_list>
:DataMem:Last?
:DataMem:Next?
:DataMem:Memsize?

CONFIG DATAMEM
:Config:DataMem:Scans?
:Config:DataMem:Captures?
:Config:DataMem:Mode <WrapWhenFull|StopWhenFull>

CONFIG DATA
:Config:Data:Fields <Read&|Units&|Chan&|Chan_Tag&|
Rnum&|Time&|Date&|Limits&|Stat>

NUMBER AND TYPE OF MEASUREMENTS SUPPORTED

Analog Inputs		# of Pins/Channel	# of Available Channels	
			DYN11	DYN12
Acceleration	Capacitive	4	1	4
Acceleration	Piezo	2	1	8
Digital Input		1	1	8
Force	Piezo	2	1	8
Pressure	Piezo	2	1	8
Total Analog Channels			1 any type	16 pins available
Temperature Input			1	1
Calculated Channels				
Calculated Measurements ¹			1	4

¹ Contact factory for availability.

GENERAL SPECIFICATIONS

POWER SUPPLY: 9.5 to 34 VDC, reverse polarity protected, up to 10% ripple with no degradation, maximum 34VDC.

POWER CONSUMPTION: 3W, 4.5W max. w/Ethernet.

OPERATING ENVIRONMENT: -5°C to 65°C, 0-95% RH (NC).

STORAGE ENVIRONMENT: -20°C to 85°C.

ALTITUDE: 10,000 feet (3,050m) operating, 40,000 feet (12,200m) non-operating

ELECTRICAL SAFETY: Designed to meet: IEC1010, CSA C22.2 No. 231, UL3111.

EMI EMISSIONS: EN55022 Class B, FCC Part 15 Class A.

EMI IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-3 A.

ELECTROSTATIC IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-2 B.

COMMON MODE FAST TRANSIENT IMMUNITY: EN50082-1, IEC 801-4 B.

ENVIRONMENTAL PROTECTION: NEMA 4, IP 65 For Industrial Enclosure (-I).

VIBRATION: 0.25mm @ resonance for 15 min.

WARMUP (FULL ACCURACY): 40 minutes (maximum).

MOUNTING: DIN rail, screw mount, or Velcro.

NET WEIGHT: <0.25 kg (<0.5 lb).

DIMENSIONS: 17.0cm x 3.3cm x 2.7cm (6.7 in. x 1.3 in. x 1.1 in.).

WARRANTY: 5 years.

ACCESSORIES SUPPLIED: Startup software, manual, Velcro mount, power jack, screwdriver.

ORDINARY AND UNUSUAL OPTIONS

- Options**
KNM-CALDATA-DYN
Calibration Data
- Accessories**
KNM-MMI-100
Multimeter Interface
KNM-MMI-120
Enhanced Multimeter Interface
KNM-MMI-KIT
Multimeter Interface Kit
KNM-PS-MOD-40-AC
40 Watt, 90-264 VAC Power Supply
KNM-PS-WALL-9-ACUS
9 Watt, 120 VAC Power Supply
KNM-PS-WALL-9-ACEU
9 Watt, 240 VAC Power Supply
KNM-PS-MOD-9-DC12
9 Watt, 8-15 VDC Power Supply
KNM-PS-CONN01
Power Supply Connector
KNM-DINMT
DIN Mounting Assembly
KNM-VELMT
Velcro® Mount
KNM-SCWMT
Screw-In Panel Mount
KNM-SNSR-TMR-32
Thermistor Sensor

SMARTLINK INSTRUMENTS



Low Leakage, High
Voltage Switching

Electronic Data Sheet

Miniature High Precision A-Ds
and Low Leakage Op Amps

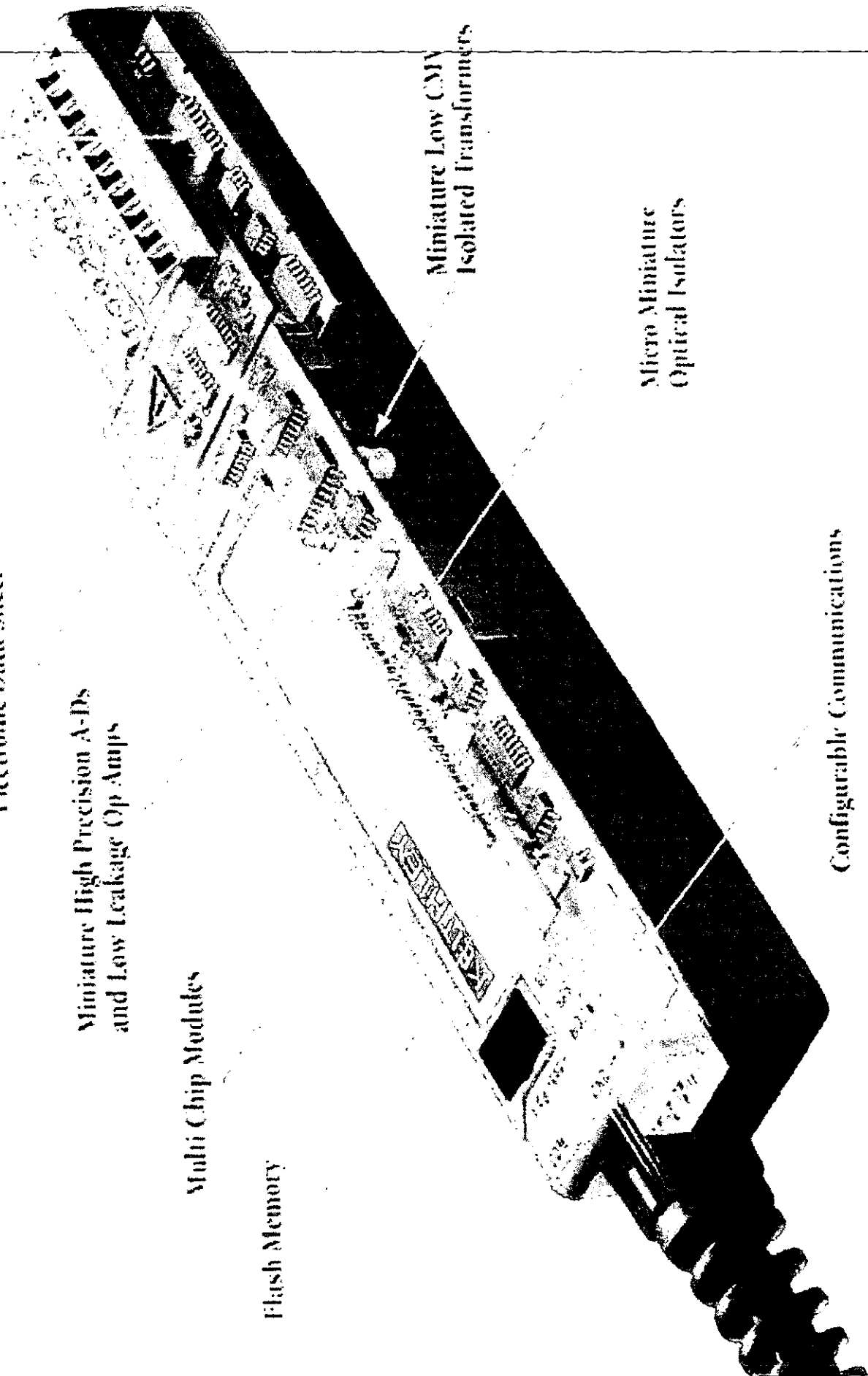
Multi-Chip Modules

Flash Memory

Miniature Low CMV
Isolated Transformers

Micro Miniature
Optical Isolators

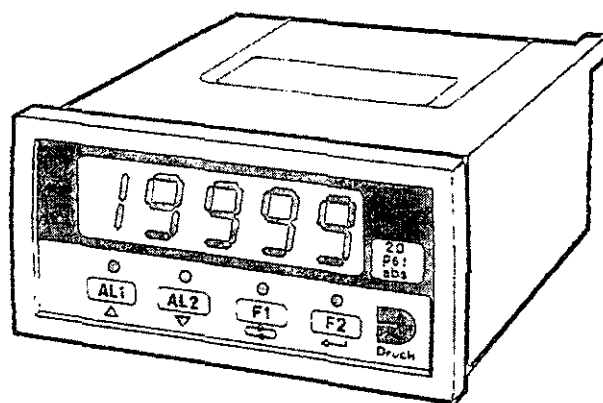
Configurable Communications



INDICADOR DE PROCESOS DIGITALES

Druck DPI 280

Especificaciones



Druck Incorporated 1997

Especificaciones

Entrada en minivolts	
Margen de entrada	± 20 mV a ± 2 V FS
Precisión	± 0.02 %
Impedancia de entrada	> 1000 M Ω
Corriente de entrada	< 10 nA
Entrada en volts	
Margen de entrada	± 2 V a ± 20 V FS
Precisión	± 0.01 %
Impedancia de entrada	> 25 k Ω
Corriente de entrada	< 10 nA
Corriente de entrada	
Margen de entrada	± 1 mA a ± 20 mA FS
Precisión	± 0.02 %
Resistencia de entrada	100 Ω
Entrada de T/C	
Margen y precisión	Véase la tabla de margen de entrada
Error de compensación de extremos libres	$< 0.02^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$
Impedancia de entrada	> 1000 M Ω
Corriente de quemado (con el software activado/desactivado)	500 nA
Entrada del RTD	
Margen de medición	-200 a +850 $^{\circ}\text{C}$ a una resolución de 0.1 $^{\circ}\text{C}$ -60 a +130 $^{\circ}\text{C}$ a una resolución de .02 $^{\circ}\text{C}$
Precisión	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ a una resolución de 0.1 $^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ a una resolución de 0.02 $^{\circ}\text{C}$
Linearización	D/N 43760 (100 Ω a 0 $^{\circ}\text{C}$ – 138.5 Ω a 100 $^{\circ}\text{C}$)
Impedancia de entrada	> 1000 M Ω
Corriente de excitación de los sensores	500 μA
Resistencia lineal máxima	10 Ω con conexión de 3 hilos

Conversión de A a D	
Resolución interna	1 parte sobre 200,000
Tiempo de conversión	Se establece entre 0.1 segundos a 20 seg en incrementos de 0.1 seg
Salida de alarma	
Salida del colector abierto	48 V cd a 0.5 A máximo con referencia a – ve de suministro de cd
Suministro de energía	
Suministro de CA	
Voltaje	90-132/200-264 V c.a. a 47-70 Hz
Consumo de energía	4 VA
Aislamiento	>2500 V rms
Suministro de CD	
Voltaje	10 a 40 V cd
Consumo de energía	<300 mA a 10 V
Aislamiento	>500 V rms
Voltajes de excitación	
DPI280	
DPI 282	10V ± 0.1% a 120 mA max 24V ± 5% a 35 mA max
Salida serial RS232 (opción A)	
Tipo de conexión	Multicaída con dos puertos en cada instrumento
Nivel de voltaje	Compatible con V24
Velocidad en baudios	300 a 9600
Aislamiento	200V rms
Unidades dirigidas	99 máx
Distancia de punto a punto	20m (60 pies)
Salida serial RS485 (opción B)	
Tipo de conexión	Bus de 2 hilos con terminación de 120Ω
Nivel de voltaje	Compatible con RS485
Velocidad en baudios	300 a 9600
Aislamiento	200V rms
Unidades dirigidas	31 máx
Conmutación de Rx/Tx	Controlada por cada instrumento
Longitud lineal máxima	1,200 m (4,000 pies)

Salida analógica (opción C)

Corriente	-20 ó 4-20 mA
Precisión	±0.05%
Resistencia de carga	0 a 550Ω
Aislamiento	500V rms

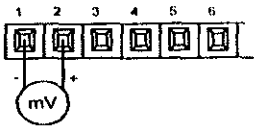
Especificaciones comunes

Tiempo de calentamiento	1 min.
Temperatura de operación	-10°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-40°C a +85°C
Humedad	Humedad relativa de 0/90% sin condensación
Sellado del panel frontal	IP65
Dimensiones	1/8 DIN, 48 x 96 x 125 mm
Material del armazón	Polycarbonato UL94V.2
Peso	500 g.

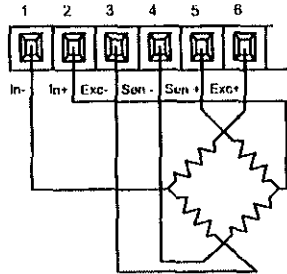
Tabla de márgenes de entrada

Entrada	Margen de medición	Resolución	Precisión en 24hrs.	Precisión en 90 días
Voltaje	De: ±19.999 mV FS	1 uV	±0.02%	±0.04%
	A: ±19.999 *V FS	1 mV	±0.01%	±0.02%
Corriente	De: ±1.0000 mA FS	0.1 uA	±0.02%	±0.03%
	A: ±19.999 *mA FS	1 uA	±0.02%	±0.03%
T/C J	-200 a +750°C	0.1°C	±0.2°C	±0.5°C
T/C K	-200 a +1300°C	0.1°C	±0.2°C	±0.6°C
T/C T	-200 a +400°C	0.1°C	±0.2°C	±0.3°C
T/C N	-200 a +1300°C	0.5°C	±0.5°C	±0.1°C
T/C R	-50 a +1750°C	0.5°C	±0.5°C	±0.1°C
T/C S	-50 a +1750°C	0.5°C	±0.5°C	±0.1°C
RTD Pt1100 DIN 43760	-200 a +850°C	0.1°C	±0.2°C	±0.5°C
	-60 a +130°C	0.02°C	±0.1°C	±0.5°C

*en la escala positiva, la lectura puede tener hasta 20999 conteos.

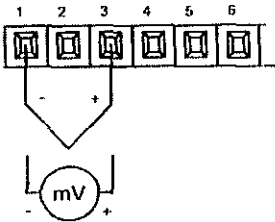


mV Input

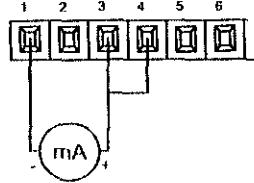


6-Wire Bridge Input

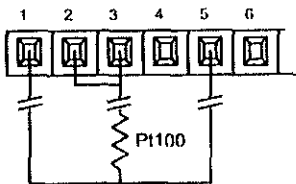
DPI 282



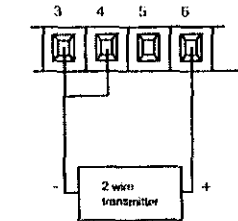
Voltage & Thermocouple Input



Current Input



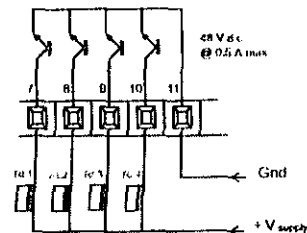
RTD Pt 100 Input



2-Wire Transmitter Input

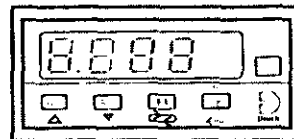
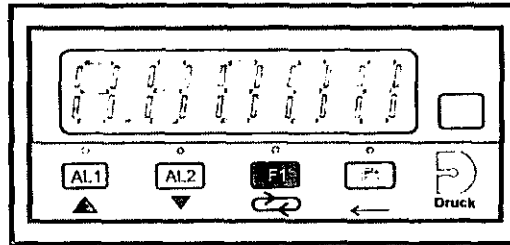
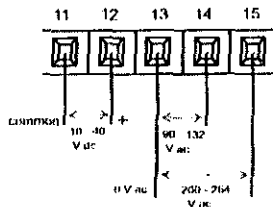
Alarms

Enabled in the SETUP menu.



Power Supplies

Connection details and safety procedures are detailed in the Installation section of the User Manual.

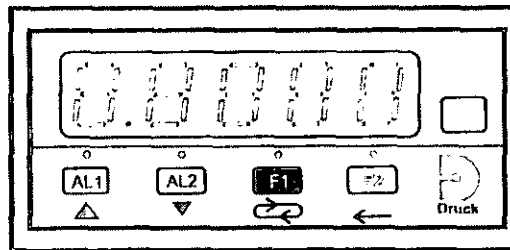


Trim Then confirm



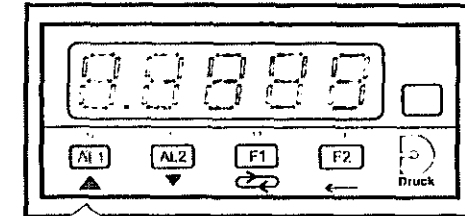
Trim Then confirm

Back Reset

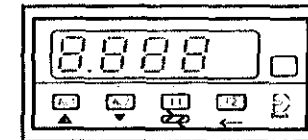


DPI 280 Series User Guide

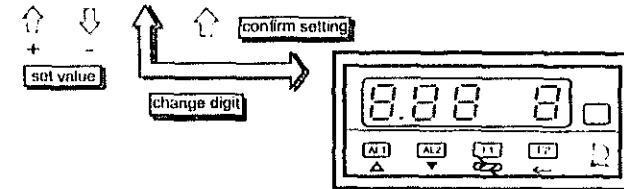
Set-point Setting



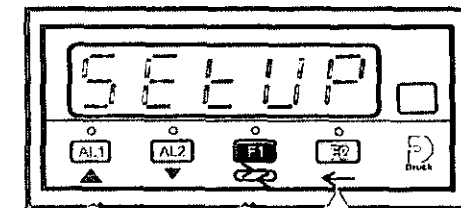
Hold for > 2 sec then numeric value setting



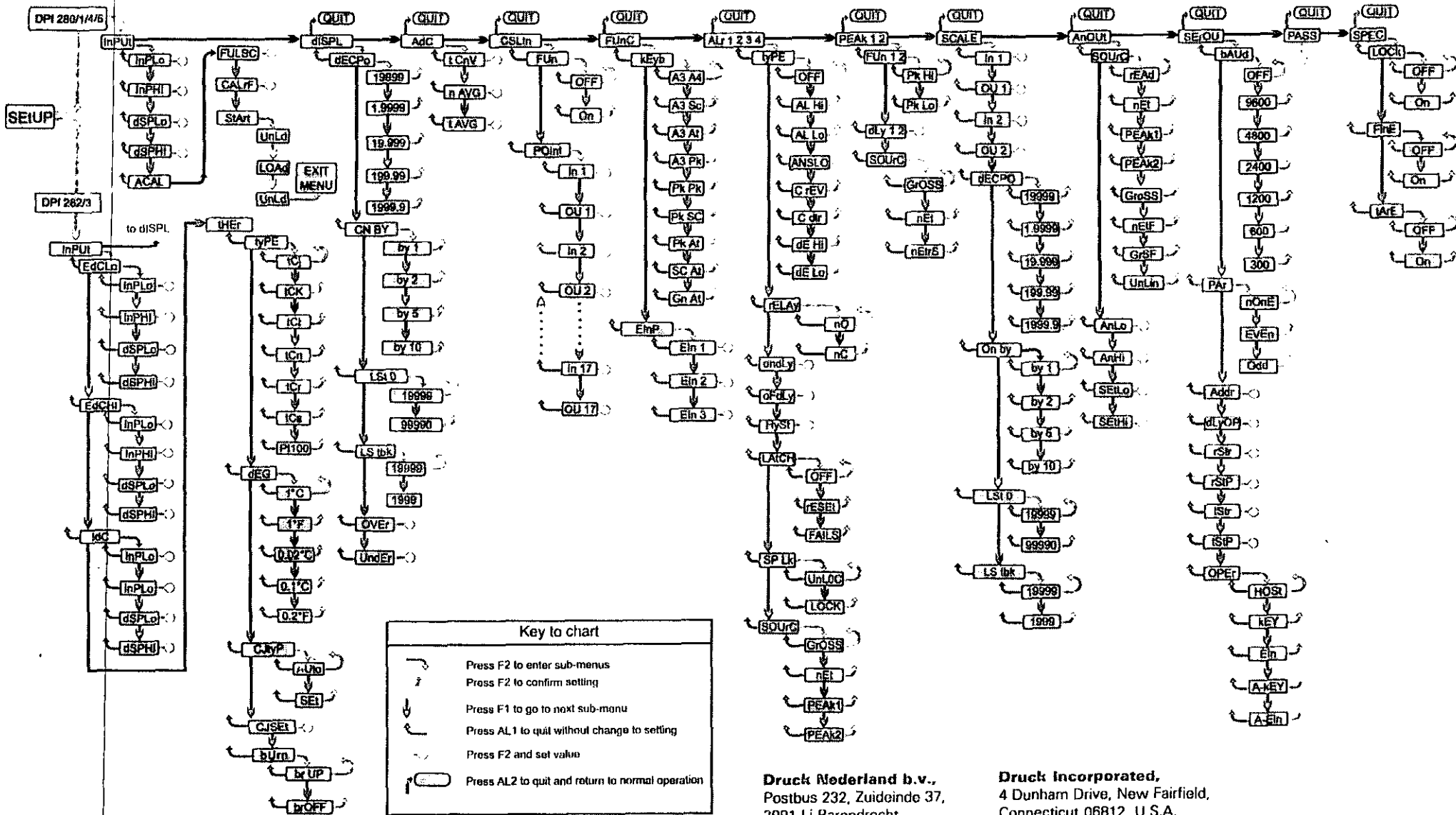
Numeric Value Setting



Access to SETUP Menu



see SETUP menu on inside page



Druck Limited,
 Fir tree Lane, Groby,
 Leicester LE6 0FH, England.
 Tel: (0116) 231 4314
 Fax: (0116) 231 4192

Druck SA.,
 19 Rue Maurice Pellerin,
 92600 Asnières, France.
 Tel: (01) 41 32 34 64
 Fax: (01) 47 93 00 48

Druck Italia Srl.,
 Via Capecatratro 11,
 20148 Milano, Italy.
 Tel: (02) 48707166
 Fax: (02) 48705568

Druck Messtechnik GmbH,
 Lessingstrasse 12,
 61231 Bad Nauheim, Germany.
 Tel: (06032) 35028/29/20
 Fax: (06032) 71123

Druck Nederland b.v.,
 Postbus 232, Zuideinde 37,
 2991 Lj Barendrecht,
 The Netherlands.
 Tel: (01806) 11555
 Fax: (01806) 18131

Druck Japan KK,
 Medie Corp Building 8,
 2-4-14 Kichijyoji-Honcho,
 Musashino,
 Tokyo 180, Japan.
 Tel: (81) 422 20 7123
 Fax: (81) 422 20 7155

Druck Incorporated,
 4 Dunham Drive, New Fairfield,
 Connecticut 06812, U.S.A.
 Tel: (203) 746 0400
 Fax: (203) 746 2494

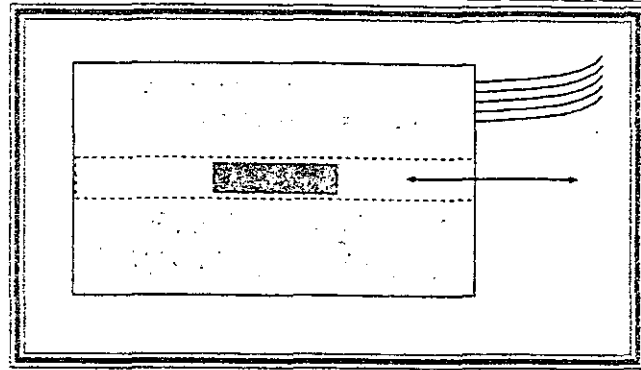
SRP Control Systems Ltd.
 5155 Spectrum Way, Unit 19,
 Mississauga, Ontario, Canada
 L4W 5A1
 Tel: (905) 238 2880
 Fax: (905) 238 9590

NAKA Instrumentacao Industrial Ltd.
 A1.Sao Caetano, 2521
 CEP 09560-500
 Sao Caetano do Sul - San Paulo
 Brazil
 Tel: 011 55 11 417-1177
 Fax: 011 55 11417-1500 or 2224

LVDT - Linear Variable Differential Transformer

Technology

Trans-Tek designs and manufactures a broad line of linear displacement transducers using LVDT technology. An LVDT, or Linear Variable Differential Transformer, is an inductive device containing primary and secondary coaxial wound coils, and a ferromagnetic core. Exciting the primary coil with an AC voltage generates an electromagnetic field. The core links the electromagnetic field of the primary coil to the secondary coils, inducing a voltage in each. The secondary coils are typically wired in series opposition, producing AC voltages 180 degrees out of phase with each other. The magnitude of the voltage in each secondary depends on the position of the core relative to the coils.



NON-CONTACTING CORE

By design, the core does not make contact with the inner diameter of the coils with proper alignment. This very important design detail provides frictionless movement of the core through the inner bore of the coils creating infinite mechanical life. Applications demanding high reliability and low failure rates benefit from this basic design feature.

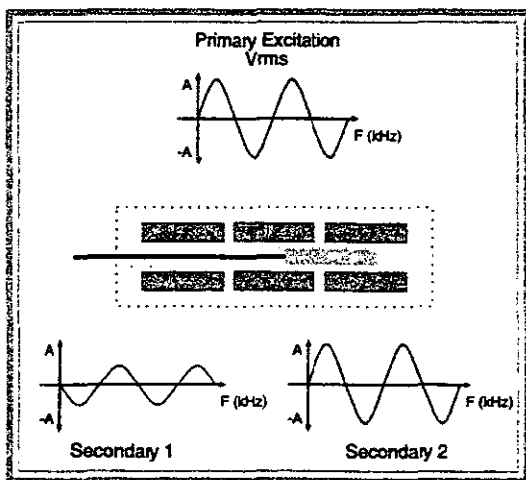
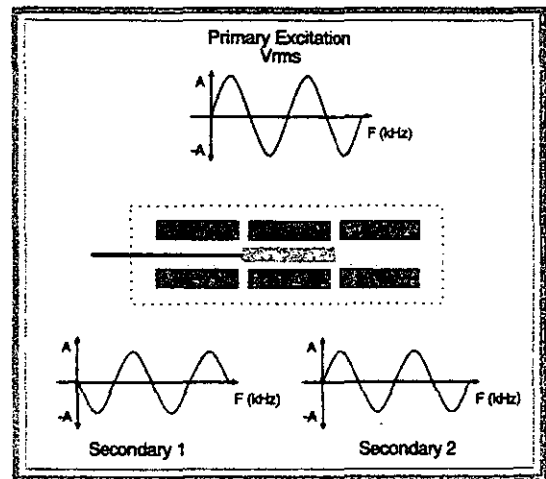
INFINITE RESOLUTION

As an analog device, theoretical resolution can be defined as infinite. Resolution is the smallest increment of movement detectable between the core and coils.

NULL POSITION

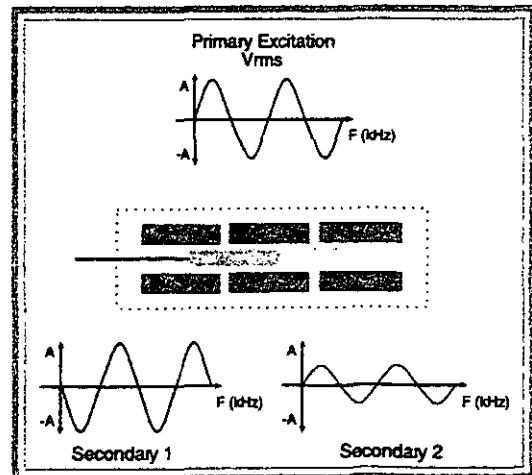
When the physical center of the core is in line with the electrical center of the coils, the voltage induced in each secondary is equal in magnitude, but opposite in phase. When summed, the secondary voltages cancel each other, resulting in zero output volts. This is the null position of the LVDT.

This inherent symmetry in the LVDT construction allows for a highly repeatable null position. Many LVDT applications revolve around this one feature, especially in closed-loop control systems.



CORE MOVEMENT

An LVDT is designed to have symmetric measurement ranges on each side of null. As the core moves to one side of the null position, the magnitude of one secondary becomes greater than the other. Combining the two secondary voltages results in an output voltage proportional to the core's distance from null. The phase of this voltage indicates which side of null the core is located.

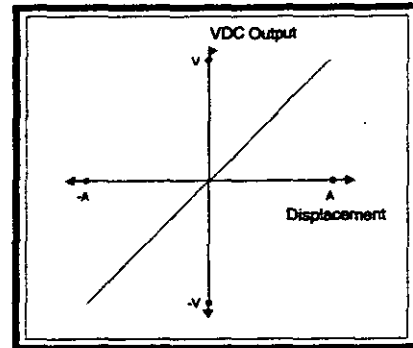


DC-DC LVDT - INTEGRAL SIGNAL CONDITIONING

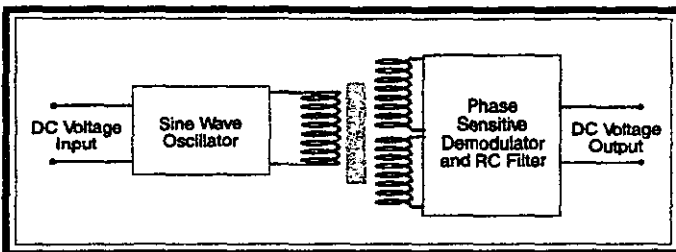
Signal conditioning is an important consideration when designing an LVDT into an application. Converting the AC output voltage of the secondaries into a usable DC output voltage requires a demodulator and low pass filtering. Design of the circuitry must take into account frequency response and electrical noise considerations. For convenience and ease of use, Trans-Tek manufactures a complete line of DC-DC LVDTs, also known as DCDTs, containing an integral oscillator/demodulator.

Discrete components make up the integral signal conditioner. The oscillator converts the DC voltage input to a high frequency AC voltage, powering the primary coil. A passive demodulator circuit rectifies the AC voltage output from the secondaries and differences the resulting signal before filtering with a low pass RC filter. The magnitude and polarity of the DC output voltage are dependant on the position of the core relative to the null position.

OUTPUT VS. DISPLACEMENT



DC LVDT BLOCK DIAGRAM



Trans-Tek's DC LVDTs are input polarity protected, meaning that polarity of the input leads must be observed for proper operation, but the unit will not be damaged by polarity reversal. The DC voltage input can range from 6 to 30 VDC, and must be regulated for best accuracy. The magnitude of the output voltage is controlled by the input voltage. These DC LVDTs also feature input and output circuits isolated both from each other and the coil housing. The result is a transducer which can be used in a floating or ground return system.

LVDT MOUNTING GUIDELINES

Mounting fixtures, core extension rods, and hardware which are located within an inch of the transducer should be made of nonferrous materials that are also poor electrical conductors. This is to avoid compromising transducer performance directly by changing the shape of the unit's magnetic fields or indirectly by enabling eddy currents which work against the unit's magnetic fields. Preferred materials include nonmagnetic stainless steels and engineering plastics. Nonmagnetic materials such as aluminum, brass and copper may be used provided the mass is small and the material is split axially to impede eddy currents concentric to the LVDT. Iron and magnetic steels should be avoided.

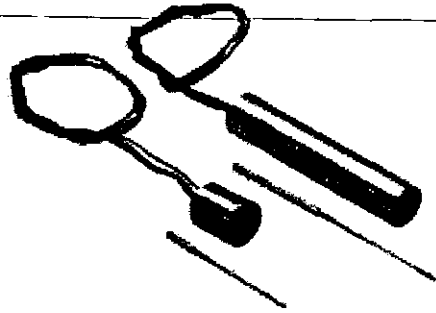
The body of the LVDT should be securely fastened by clamping the housing in a split block or similar fixture. The use of set screws should be avoided, as this may damage the LVDT. Clamping the body near the electrical center, E_c , will minimize zero shift with temperature. The core should be positioned to allow free movement through the LVDT's entire measurement range. With proper alignment, the core will not contact the bore, resulting in frictionless operation. Contact between the core and the bore will not immediately affect transducer performance, however, significant frictional wear will result in a degradation in sensitivity and non-linearity.

Series 240

General Purpose

DC LVDTs

The Trans-Tek SERIES 240 DC-DC LVDTs are an integrated package consisting of a precision linear variable differential transformer, a solid state oscillator, and a phase-sensitive demodulator. The transducer is designed for excellent linearity, infinite resolution, and high sensitivity. Input and output circuits are electrically isolated from each other and from the coil assembly housing, making them usable directly in floating or ground return systems. DC indicators, recorders, and control systems can usually be driven directly by the large DC output. The core, when displaced axially within the coil assembly, produces a voltage change in the output directly proportional to the displacement.



Key Features

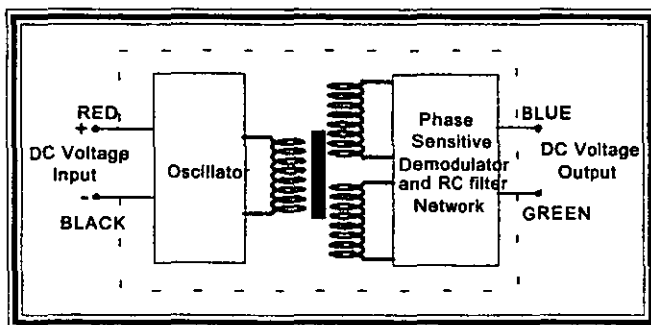
Ranges from $\pm 0.05''$ to $\pm 4.0''$
 Non-linearity < 0.5%

Stainless Steel Construction
 6 to 30 VDC Excitation

SPECIFICATIONS - ELECTRICAL

Model Number	0240-0000Q	0241-0000Q	0242-0000Q	0243-0000Q	0244-0000Q	0245-0000Q	0246-0000Q	0246-00005	
Working Range, inches (mm)	0.050 (1.27)	.100 (2.54)	.250 (6.35)	.500 (12.7)	1.00 (25.4)	2.00 (50.8)	3.00 (76.2)	3.00 (76.2)	
Max. Usable Range, inches (mm)	0.075 (1.78)	.150 (3.75)	.375 (9.53)	.750 (19.1)	1.50 (38.1)	2.75 (69.8)	3.25 (82.5)	4.00 (101)	
Input, VDC	6.0 Min. to 30 Max.							9.0 Min to 30 Max.	
Nominal F.S. Output, \pm V.D.C. with unloaded output									
6 V. Input	1.3	2.4	1.8	3.1	4.6	3.9	3.3	N/A	
15 V. Input	3.4	6.4	4.8	8.3	12.1	10.2	8.7	10	
24 V. Input	5.5	10.4	7.8	13.5	16.7	16.5	14.1	16.3	
30 V. Input	7.0	13.0	9.7	17.0	24.8	20.7	17.7	30.5	
Input Current	8.3 mA @ 6 V. input to 52 mA @ 30 V. input								
NON-LINEARITY									
$\pm 0.5\%$ Full Scale Over Total Working Range									
$\pm 1.0\%$ Full Scale over Maximum Usable Range									
Internal carrier frequency, Hz	13000	12000	3600	3400	3200	1500	1400	1400	
% Ripple, RMS (nominal)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1	1	1	
Output Impedance, ohms	2500	3500	5200	5500	5600	5500	5600	5600	
Freq. Response (3 dB down), Hz	300	140	115	110	100	110	75	75	
Temperature Range	-65°F to +250°F (-54° to 121°C)								
Resolution	Infinite								

BLOCK DIAGRAM



Notes:

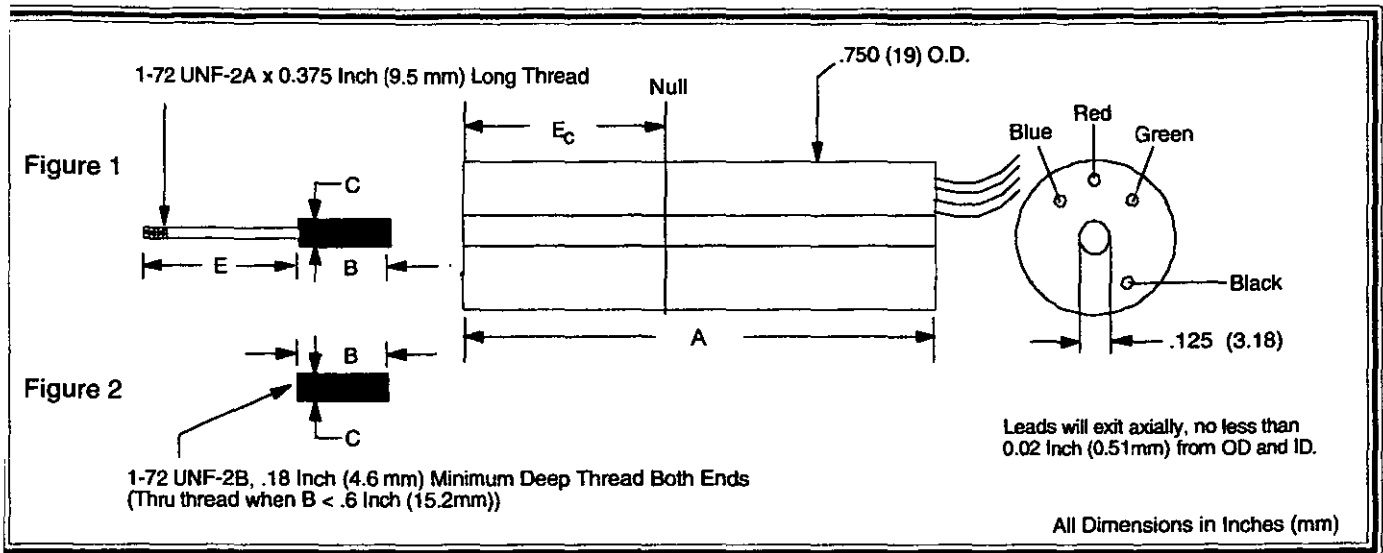
1. Polarity of excitation must be observed for proper function. Reversal will not damage the unit.
2. Load impedance of 50k Ohms minimum required for proper operation.
3. Output polarity will be positive on one side of null, negative on the other side of null.
4. Transducers are calibrated at 24 VDC.
5. Blue lead is more positive with respect to the Green lead when the core is moved toward the lead end.

Tel: 800-828-3964 Fax: 860-872-4211
 860-872-8351 Internet: <http://transtekinc.com>

SERIES 240

General Purpose DC LVDTs

DIMENSIONAL DIAGRAM



SPECIFICATIONS - MECHANICAL

MODEL*	LINEAR RANGE ± inches (mm)	BODY LENGTH, A inches (mm)	ELECTRICAL CENTER, E _C inches (mm)	BODY MASS gms.	CORE LENGTH, B inches (mm)	EXTENSION LENGTH, E inches (mm)
0240-0000	0.05 (1.27)	0.87 (22.1)	0.34 (8.64)	22	0.58 (14.2)	1.9 (48.3)
0241-0000	0.10 (2.54)	1.12 (28.5)	0.46 (11.7)	28	0.75 (19.1)	1.9 (48.3)
0242-0000	0.25 (6.35)	3.21 (81.5)	1.44 (36.8)	70	1.75 (44.5)	1.9 (48.3)
0243-0000	0.50 (12.7)	3.71 (94.2)	1.69 (42.9)	80	1.87 (47.5)	2.4 (60.9)
0244-0000	1.00 (25.4)	4.71 (120)	2.19 (55.6)	104	2.00 (50.8)	3.2 (81.2)
0245-0000	2.00 (50.8)	8.21 (209)	3.94 (100)	180	3.50 (88.9)	5.2 (132)
0246-0000	3.00 (76.2)	10.52 (267)	5.09 (129)	220	3.50 (88.9)	8.4 (213)
0246-00005	4.00 (101.6)	10.52 (267)	5.09 (129)	220	2.00 (50.8)	8.1 (231)

* Model numbers ending with a “_” have multiple core options. All standard units will end with a “Q” indicating a core assembly. This core assembly consists of a core brazed to an extension rod that terminates in 1-72 UNF-2A threads. If an option is not selected, option “Q” will be provided.

The core is constructed from a soft, high permeability iron-nickel alloy. Nonmagnetic stainless steel is used as extension rod material. Core assemblies are sized for use over the maximum working range of the LVDT. The difference between Option “Q” and “1” is the core outer diameter. Smaller O.D. cores should be considered for applications with some radial movement to prevent contacting the inner diameter of the coils. The smaller core diameter will decrease sensitivity slightly (<5%).

Options “2” and “3” are cores only, tapped at both ends with 1-72 UNF-2B threads, as shown in Figure 2 of the Dimensional Drawing. These should be used in applications when a separate extension rod is desirable. The difference between Option “2” and “3” is the outer diameter.

CORE OPTIONS

MODEL	Core Assembly Ref Fig. 1		Threaded Core Ref Fig. 2	
	OPTION 0	OPTION 1	OPTION 2	OPTION 3
	*C = 0.120" (3.05MM)	*C = 0.099" (2.51MM)	*C = 0.120" (3.05MM)	*C = 0.099" (2.51MM)
0240-0000	C004-0000	C004-0001	C005-0002	C005-0003
0241-0000	C004-0004	C004-0005	C005-0009	C005-0010
0242-0000	C004-0010	C004-0006	C005-0054	C005-0051
0243-0000	C004-0011	C004-0007	C005-0035	C005-0023
0244-0000	C004-0012	C004-0008	C005-0048	C005-0052
0245-0000	C004-0013	C004-0009	C005-0053	C005-0033
0246-0000	C004-0014	C004-0015	C005-0053	C005-0033
0246-00005	C004-0057	N/A	N/A	N/A

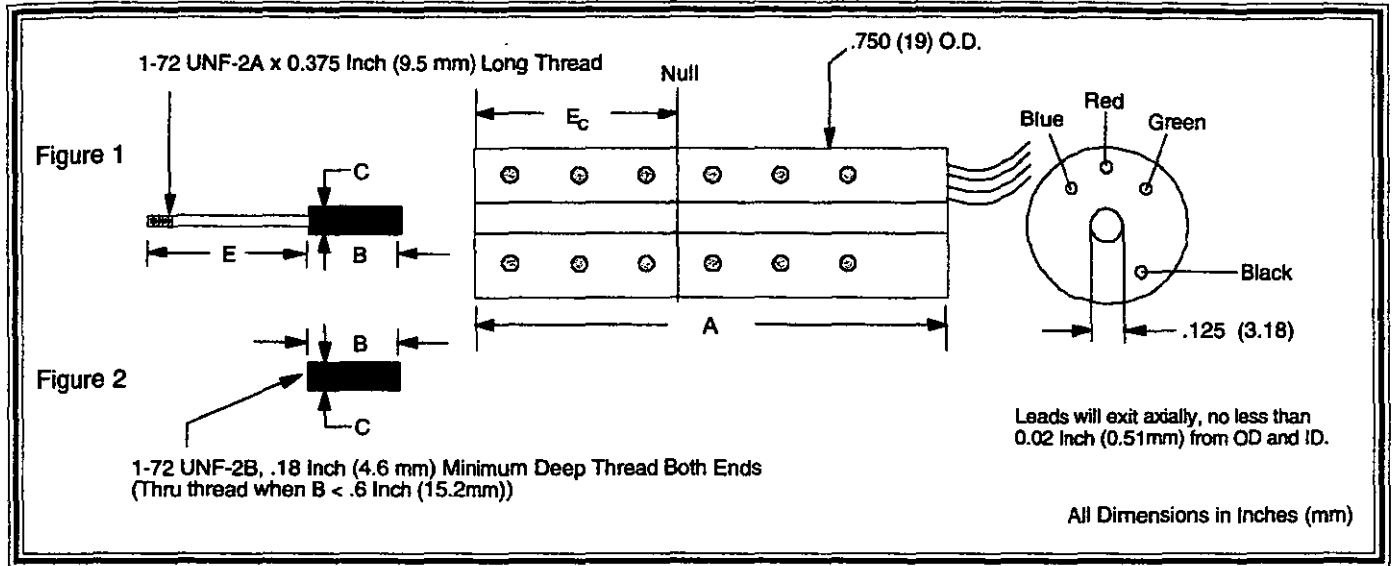
The Model 0246-00005 has only one core assembly available. This unit is designed to operate over the maximum usable stroke of ±4.0 inches (±102 mm).

TRANS-TEK
INCORPORATED

SERIES 240 MODIFIED FOR USE IN HIGH PRESSURE ENVIRONMENTS

The high pressure version of the Series 240 is suitable for operation in nonconductive and noncorrosive fluids or gasses at pressures up to 5,000 P.S.I. The vented housing eliminates pressure differentials between the environment and the transducer's interior, allowing rapid and extreme pressure changes without damage or degradation in performance.

DIMENSIONAL DIAGRAM



Model #*	Stroke ±Inches (mm)
0240-0008_	0.050 (1.27)
0241-0007_	0.100 (2.54)
0242-0006_	0.25 (6.35)
0243-0009_	0.50 (12.7)
0244-0014_	1.00 (25.4)
0245-0007_	2.00 (50.8)
0246-0008_	3.00 (76.2)

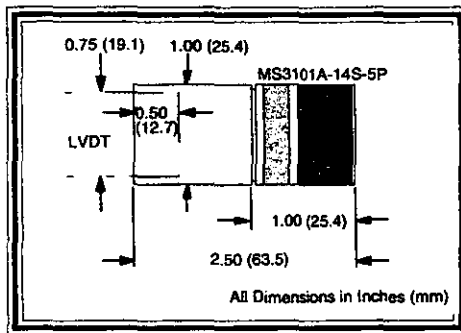
* Model numbers ending with a “_” have multiple core options. All standard units will end with a “Q” indicating a core assembly. This core assembly consists of a core brazed to an extension rod that terminates in 1-72 UNF-2A threads. If an option is not selected, option “Q” will be provided.

Note: All electrical and physical specifications are the same as the standard Series 240 LVDTs.

SALES OPTIONS

OPTION #	DESCRIPTION
X0001	Splashproof - protects the unit from washdown environments or outdoor applications by means of an additional washer on the non-lead end. Applies to models 0242-0000_ through 0246-0000_
X0004	Modify length of the extension rod from 0.190" minimum to user specified length
X0010	Cable termination; Eight feet of 4 conductor, 22 AWG, PVC cable; Temperature range changes to 0°F to +175°F (-17°C to +79°C)
X0011	Provide an offset and scaled output voltage; Special connector and mating connector included; Used only with load impedances of 1 Megohm or greater; Input voltage and scaling parameters must be specified.
X0023	Install second brazed extension rod
X0025	Terminate in an integral connector type MS3101A-14S-5P; Adaptor for connector has 1.00" O.D; Includes mating connector

X0025



X0036:	Welded non-lead end for enhanced splashproofing; Applies to models 0242-0000_ through 0246-0000_
X0040:	Cable termination - extended temperature range; Eight feet of 4 conductor, 22 AWG, Teflon cable; Temperature range increased to -65°F to +250°F (-55°C to +121°C)

For more detailed information about these options, please contact the factory.



Interchangeable with Model TH-UW

SPEC SHEET
LCUW

HYDROSTATICALLY COMPENSATED LOAD CELL for Underwater Applications

\$1175

Model LCUW-1K

**CUW Series
TENSION/COMPRESSION
Calibrated in Tension**

100 to 0-10,000 lb
450 to 0-45,000 N

Newton = 0.2248 lb
daNewton = 10 Newtons
lb = 454 g
t = 1000 kg = 2204 lb

- ✓ All Stainless Steel Construction
- ✓ Accuracy 0.25%
- ✓ Heavy Duty Construction for High Capacity Loads
- ✓ FM/CSA Intrinsically Safe Models Standard

The LCUW Series Hydrostatically compensated load cells are unique load cells designed for operation underwater. Applications include dry docks, marine weighing, submerged platforms and industrial weighing applications where pit flooding is common. The all stainless steel construction and rugged design make the LCUW a high accuracy, high reliability load cell in the tough submerged environment.

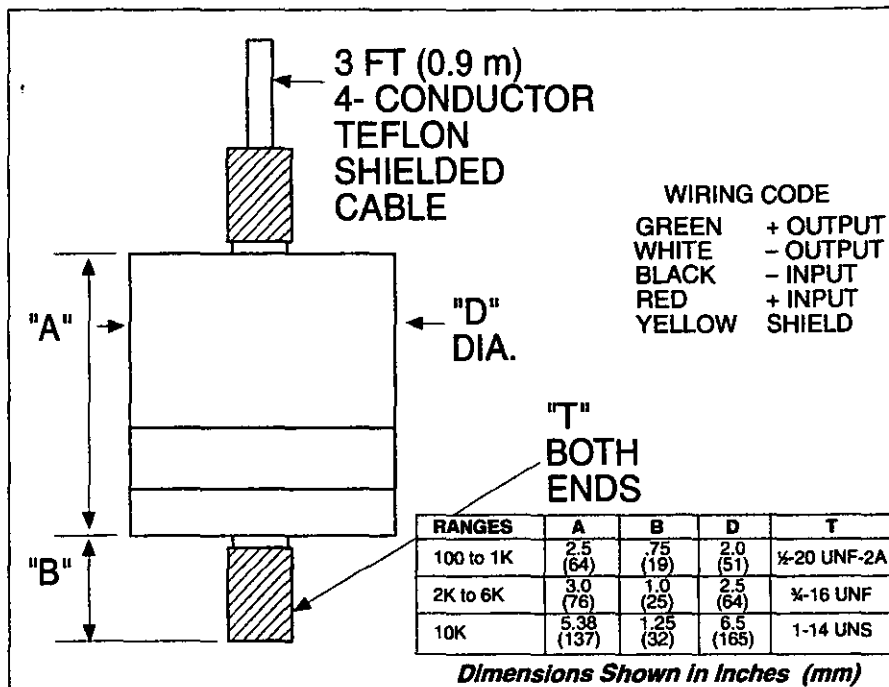
For Sales and Service in U.S.A. and Canada

1-888-872-3963

International Customers Dial

(614) 965-9340

24-Hour FAX (614) 965-9438



WIRING CODE
GREEN + OUTPUT
WHITE - OUTPUT
BLACK - INPUT
RED + INPUT
YELLOW SHIELD

SPECIFICATIONS:

Output: 2 mV/V ± 0.25 % FSO
Excitation: 10 V ac/dc (15V Max)
Accuracy: 0.25% FSO Combined Linearity, Hysteresis and Repeatability
Hydrostatic Effect on Zero: 0.25% FSO per 500 psi (10K- 0.1% FSO per 100 psi)
Zero Balance: ± 1.0% FSO
Agency Approvals: FM/CSA Intrinsically Safe IS/I.II.III/1/CDEFG
Operating Temp. Range: +2 to +93°C (+35 to +200°F)
Compensated Temp. Range: +16 to +71°C (+60 to +160°F)

Thermal Effects: Zero: ±0.005% FSO/°F, Span: ±0.005% Rdg/°F
Safe Overload: 150% of Capacity
Ultimate Overload: 300% of Capacity
Input Resistance: 360 ohms minimum
Output Resistance: 350 ±5 ohms
Construction: 17-4 PH Stainless Steel
Electrical: 3ft (0.9m) 4-conductor PVC Cable.

Options: Waterproof Connector: Brantner MSXJ-4-BCR (or Equal) request quotation at time of order
Optional Side Exit Cable: (Shown) add suffix "-SE" to Model Number and add \$80

➔ **Most Popular Models Highlighted** ←

Prices Shown in U.S. Dollars

To Order: (Specify Model Number)			
Capacity (lb)	Model Number	Price	Compatible Meters
0-100	LCUW-100	\$1175	INFW, INFS, INFCS
0-250	LCUW-250	1175	INFW, INFS, INFCS
0-500	LCUW-500	1175	INFW, INFS, INFCS
0-1,000	LCUW-1K	1175	INFW, INFS, INFCS
0-2,000	LCUW-2K	1395	INFW, INFS, INFCS
0-6,000	LCUW-6K	1395	INFW, INFS, INFCS
0-10,000	LCUW-10K	2595	INFW, INFS, INFCS

Interchangeable with Model TH-UW Metric Ranges Available-Consult Engineering.
Ordering Examples: 1. LCUW-100 is a 100 lb capacity Hydrostatically Compensated universal load cell with 3ft (0.9m) cable, \$1175.
 2. LCUW-1K-SE is a 1,000 lb capacity Hydrostatically Compensated universal load cell with a side exiting 3ft (0.9m) cable, \$1175 +80 = \$1255.

OMEGADYNESM FAX
 OMEGADYNE's 24-Hour On-Line Publishing Service
1-800-344-3963
1-800-DTG-DYNE
 Document # 3646

OMEGADYNE, Inc.
 49 Stelzer Court, Sunbury, OH 43074
<http://www.omegadyne.com>
 e-mail: info@omegadyne.com

Formerly THE T-HYDRONICS, INC.

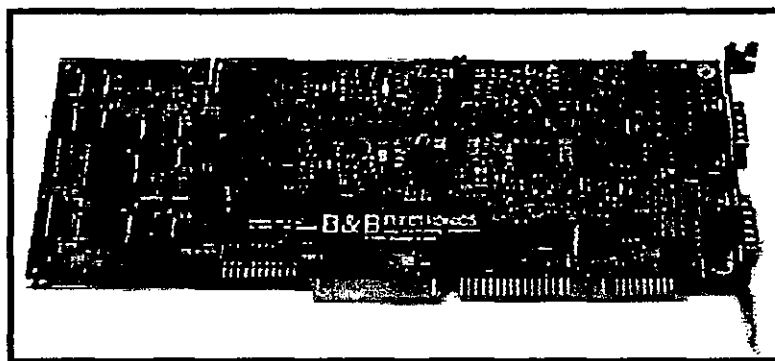
COPYRIGHT 1998 OMEGADYNE, INC. ALL RIGHTS RESERVED.

Printed On Recycled Paper

2 Port Isolated RS-232/422/485 Serial Cards CE **with Automatic RS-485 Driver Control** **Models: 3PXOCC2A & 3PXOCC2B**

Description

The 3PXOCC2 series serial cards provide configuration flexibility and the robustness needed for industrial systems. Isolated DC-DC converters on board the 3PXOCC2 provide port isolation both from the host system and from the other port. Numerous features allow the 3PXOCC2 to fit easily into any system. The card can be set for any address any available interrupt - full 16 bit address decoding helps prevent address conflicts. Each port can be independently configured to RS-232, RS-422 or RS-485. Automatic RS-485 driver control circuitry provides hassle-free RS-485 communications. Since this feature is handled in hardware, it works regardless of the operating system or software. Special circuitry allows both ports to share a single IRQ when allowed by the host software. 3PXOCC2 cards come standard with buffered, high speed 16550A UARTs. Also available is the 16850 UART with a 128-byte transmit and receive buffer (Model 3PXOCC2B). Note that the software driver must support the 16850 to take advantage of its advanced features.



Features

- PC, XT and AT compatible, ISA or EISA bus
- Easily configured for RS-232, RS-422 or RS-485
- Available with high speed FIFO 16850 UART (Model 3PXOCC1B)
- Supports RS-422/485 baud rates to 460,800 Baud
- 1500VAC isolation on all signals, port to port and port to host
- Configurable for any hex address, 0 - 3F8h
- Full 16 bit address decoding prevents conflicts
- Configurable for any interrupt (2-7, 10-12, 14 and 15)
- Supports Shared IRQs
- RS-232 mode supports TD, RD, RTS, CTS, DSR, DCD & DTR
- RS-422 and RS-485 modes support TD and RD

RS-232 Mode

When a port is in RS-232 mode, the port functions as the standard IBM serial port. 3PXOCC2 serial cards support the following RS-232 signals: transmit data (TD), receive data (RD), request to send (RTS), clear to send (CTS), DTE ready (DTR), DCE ready (DSR) and data carrier detect (DCD). The RS-232 Standard is commonly used for modems and serial printers. The maximum RS-232 baud rate is 115,200 baud.

RS-422 Mode

The RS-422 Standard uses balanced differential drivers and receivers. A balanced differential system offers higher speed and greater distances than an unbalanced system, such as RS-232. In RS-422 mode, 3PXOCC2 cards support two channels, TD and RD. The maximum RS-422 baud rate is 460,800 baud using the 4X clock feature. For more information on RS-422 (and RS-485) contact B&B Electronics for our RS-422/RS-485 Application Note.

© B&B Electronics - Revised September 1998

This product designed and manufactured in USA of domestic and imported parts by

B & B Electronics Mfg. Co.

707 Dayton Road - P.O. Box 1040 - Ottawa, IL 61350 USA

Phone: (815) 433-5100 - Fax: (815) 434-5105

Home Page: www.bb-elec.com

Sales e-mail: sales@bb-elec.com - Fax: (815) 433-5109

B & B Electronics Ltd

Westlink Commercial Park - Oranmore, Co. Galway - Ireland

Phone: (353) 91 792444 - Fax: (353) 91 792445

Home Page: www.bb-europe.com

Sales e-mail: sales@bb-europe.com

-485 Mode

The RS-485 Standard allows for multiple drivers to share the same communication link. This requires that the transmitter be enabled only while sending data. 3PXOCC2 cards offer two methods of enabling/disabling the transmitter: RTS control and automatic Send Data control. In RTS control mode your software must raise RTS to enable the transmitter and lower RTS to disable the transmitter. With automatic Send Data control, simply send data out the port, the card automatically senses the data and enables the transmitter. When the data transmission is complete, the transmitter is automatically disabled. The receiver can always be enabled (data echo on) or it can be disabled when the transmitter is disabled (data echo off). The maximum RS-485 baud rate is 460,800 baud using the 4X clock feature.

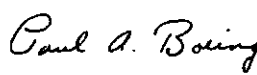

Connectors The 3PXOCC2 card uses male DB-9 connectors. Pinouts of the DB-9P are shown in Table 1.

Table 1

DB-9P Pin Number	RS-232 Mode	RS-422/485 Mode
1	DCD	RD(A)
2	RD	TD(B)
3	TD	TD(A)
4	DTR	---
5	GND	GND
6	DSR	---
7	RTS	---
8	CTS	---
9	---	RD(B)

Specification Summary

Bus Type: PC, XT and AT compatible (ISA or EISA bus)
Baud Rates: Up to 460,800 baud RS-422 and RS-485 modes, 115,200 baud RS-232 mode
Addresses: Any hex address 0 - 3F8h, 16 bit address decoding
Interrupts: Any interrupt 2-7, 10-12, 14 and 15, supports IRQ sharing
Connectors: Two male DB-9P connectors
Dimensions: 4.25 x 10.6 inches
RS-232 mode: Supports TD, RD, RTS, CTS, DTR, DSR and DCD
RS-422 mode: Supports TD, RD. Separate enable/disable on transmitter and receiver.
RS-485 mode: Supports TD, RD. In automatic Send Data mode the driver is enabled at beginning of data transmission. Driver is disabled one character after completion of data transmission. In RTS control mode software determines timing.
Isolation: 1500VAC port to port and port to host
Termination: Space for a termination resistor is provided on the board for the RS-422/RS-485 receiver.
Surge Suppression: Space for bi-directional surge suppressers is provided on the board.
Power Consumption: +5V, 575 mA max

DECLARATION OF CONFORMITY	
Manufacturer's Name:	B&B Electronics Manufacturing Company
Manufacturer's Address:	P.O. Box 1040 707 Dayton Road Ottawa, IL 61350 USA
Model Numbers:	3PXOCC2A, 3PXOCC2B
Description:	Optically Isolated RS-232, RS-422, RS-485 Serial Card
Type:	Light industrial ITE equipment
Application of Council Directive:	89/336/EEC
Standards:	EN 50082-1 (IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4) EN 50081-1 (EN 55022)
 	
Paul A. Boeing, Director of Engineering	

© B&B Electronics -- Revised September 1998
 This product designed and manufactured in USA of domestic and imported parts by

B&B Electronics Mfg. Co.
 707 Dayton Road - P.O. Box 1040 - Ottawa, IL 61350 USA
 Phone: (815) 433-5100 - Fax: (815) 434-5105
 Home Page: www.bb-elec.com
 Sales e-mail: sales@bb-elec.com - Fax: (815) 433-5109

B&B Electronics Ltd
 Westlink Commercial Park - Oranmore, Co. Galway - Ireland
 Phone: (353) 91 792444 - Fax: (353) 91 792445
 Home Page: www.bb-europe.com
 Sales e-mail: sales@bb-europe.com

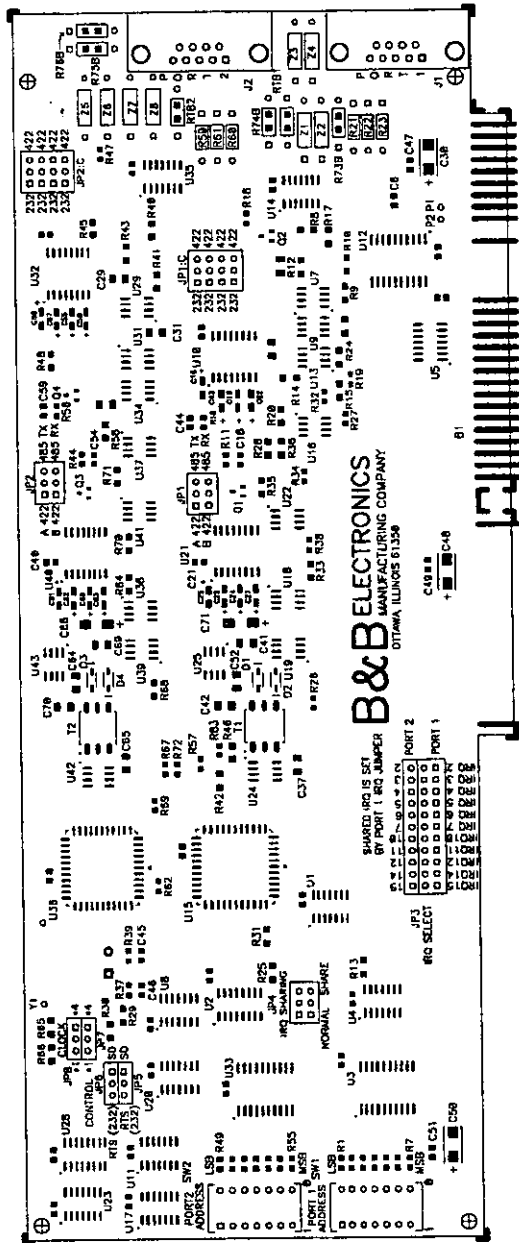


Figure 1. Silk Screen Plot of 3PXOCC2 PCB