



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTAS DE SISTEMAS DE CIMENTACIÓN PARA UN  
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN UNA S.E EN EL ESTADO DE  
TAMAULIPAS.**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN GEOTECNIA**

PRESENTA:

**ING. DIEGO ALEJANDRO HERRERA OROZCO**

DIRECTOR DE TESINA: **M.I JUAN LUIS UMAÑA ROMERO.**

CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO 2017



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.

# Índice

	Pág.
<b><u>1. Introducción.</u></b>	1
<b><u>2. Antecedentes.</u></b>	2
2.1. Marco Histórico.	2
2.2. La Comisión Federal de Electricidad (CFE).	3
2.3. Subestaciones eléctricas.	6
2.4. Transformadores trifásicos.	7
<b><u>3. Estudios geotécnicos.</u></b>	9
3.1. Descripción del proyecto.	9
3.2. Localización y características del sitio.	9
3.3. Marco geológico.	11
3.4. Exploración geotécnica.	12
3.4.1. Localización de sondeos.	13
3.4.2. PCA.	13
3.4.3. SPT.	14
3.4.4. Presiómetro de Menard.	16
<b><u>4. Modelo geotécnico.</u></b>	20
<b><u>5. Propuestas de sistemas de cimentación para el transformador.</u></b>	22
5.1. Características del transformador.	24
5.2. Propuesta: Losa de cimentación.	26
5.2.1. Datos principales.	27
5.2.2. Reacciones en la base del equipo.	28
5.2.3. Diseño geotécnico.	29
5.2.4. Revisión por volteo.	32
5.2.5. Diseño estructural.	32
5.2.6. Revisión de asentamientos.	35
5.3. Propuesta: Zapatas.	38
5.3.1. Datos principales.	39
5.3.2. Reacciones en la base del equipo.	41
5.3.3. Diseño geotécnico.	42

5.3.4. Revisión por volteo.	45
5.3.5. Diseño estructural.	45
5.3.6. Revisión de asentamientos.	48
<b><u>6. Conclusiones y recomendaciones.</u></b>	51
<b><u>7. Referencias y bibliografía.</u></b>	53
<b><u>Anexos.</u></b>	

# 1. Introducción.

---

Actualmente México es uno de los 15 países con mayor número de habitantes en el mundo y la demanda energética de la población es enorme, se espera además que para el año 2050 esta se duplique.

Con el escenario anteriormente planteado, el país debe planear la manera de satisfacer la demanda futura y asegurar a sus habitantes, empresas y demás entidades un servicio continuo y eficiente que les permita desarrollarse de manera plena, sin mencionar que el desarrollo industrial y tecnológico de cualquier país es directamente proporcional a la calidad del servicio de energía eléctrica que presta.

Para lograr satisfacer esta demanda, la Comisión Federal de Electricidad CFE destina gran cantidad de recursos al mantenimiento de las centrales eléctricas de generación y distribución existentes y a la creación de muchas otras nuevas.

Se genera entonces la necesidad de construir una subestación eléctrica (S.E) de distribución en el estado de Tamaulipas en la cual se requiere instalar un transformador trifásico de potencia necesario para hacer eficiente el proceso de transmisión de energía.

Se necesita construir una cimentación que de sustento, seguridad y asegure un correcto funcionamiento del transformador durante todo el tiempo de operación del mismo hasta su sustitución o deshecho.

Para poder realizar un diseño correcto de la cimentación antes mencionada, es indispensable conocer el suelo sobre el cual se va a construir por lo que es vital realizar un correcto plan de exploración y muestreo del suelo que permita al ingeniero civil obtener características de resistencia, deformabilidad y permeabilidad, consiguiendo así definir la estratigrafía del sitio e identificar los estratos de interés.

Una vez conocidas las principales características de interés del suelo, se proponen dos sistemas distintos de cimentación superficial que cumplan con los requisitos de seguridad y servicio antes mencionados detallando los criterios a seguir para su diseño y construcción, para finalmente compararlos y tomar la decisión de cual construir basándose en los costos que estos generan.

## 2. Antecedentes.

---

### 2.1. Marco Histórico:

La generación de energía eléctrica en México inició en la época del Presidente Porfirio Díaz, en este periodo se abrieron las puertas del país al capital extranjero luego de constantes guerras e invasiones que generaban una inestabilidad política y económica.

La primera planta generadora del país se instaló en León, Guanajuato en el año 1879 y era utilizada para la industria textil. Rápidamente la construcción de este tipo de centrales se extendió por todo el territorio nacional para ser utilizadas en la minería y marginalmente para la iluminación pública y residencial.

En 1881 inician las labores de la primera empresa extranjera de energía con nombre nacional llamada “Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica”, dedicada a la venta y producción de energía para uso público y doméstico utilizando una central de vapor de 2240 Kilowatts.

Entre 1880 y 1900, México contaba con 177 centrales privadas y de propiedad extranjera las cuales se encontraban sólo en aquellas ciudades con capacidad de pago para el servicio. En este período se dio el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida posteriormente como Comisión Nacional de Fuerza Motriz.

Fue hasta 193 que el gobierno nacional decretó que la generación y distribución de energía eléctrica eran actividades de utilidad pública, buscando así competir con las empresas privadas cuyo único objetivo era lucrarse.

Así pues, llegó el año 1937 y México ya tenía 18.3 millones de habitantes, de los cuales únicamente siete millones contaban con electricidad, proporcionada con serias dificultades por las empresas privadas, las interrupciones de luz eran frecuentes y las tarifas de servicio muy elevadas, además cabe mencionar que más del 62% de la población no contaba con este servicio.

El 14 de agosto de 1937, el gobierno federal creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuya funciones serían las de organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, sin propósitos de lucro y con el objetivo de obtener el mayor rendimiento posible en beneficio del país a un costo mínimo.

El 27 de septiembre de 1960 el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, en ese momento se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales.

Al finalizar esa década se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW. En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la CFE. No obstante, en 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW.

A inicios del año 2000 se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 km, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

Actualmente CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y aún mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico.

## 2.2. La Comisión Federal de Electricidad (CFE):

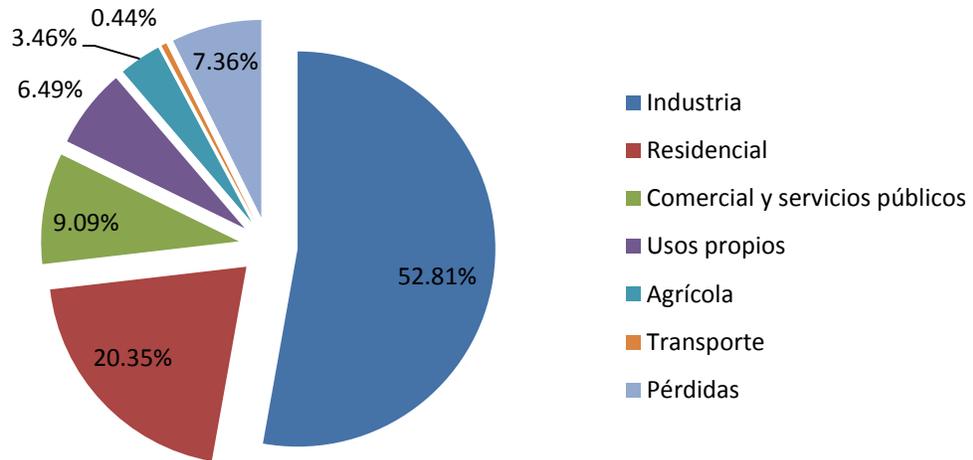
CFE es una de las empresas más productivas del país que como se dijo anteriormente, se encarga de controlar, generar, transmitir y comercializar la energía eléctrica.

Actualmente abastece a casi 40 millones de clientes y es propietaria de la única central nucleoelectrica del país (Laguna Verde) lo que la posiciona como la empresa más grande del sector eléctrico de Latinoamérica.

Según los datos suministrados en el informe anual 2015 de la CFE:

- Los clientes a los que CFE suministra energía eléctrica están divididos en los siguiente sectores: industria, residencial, comercial y servicios públicos, usos propios, agrícola y transporte.

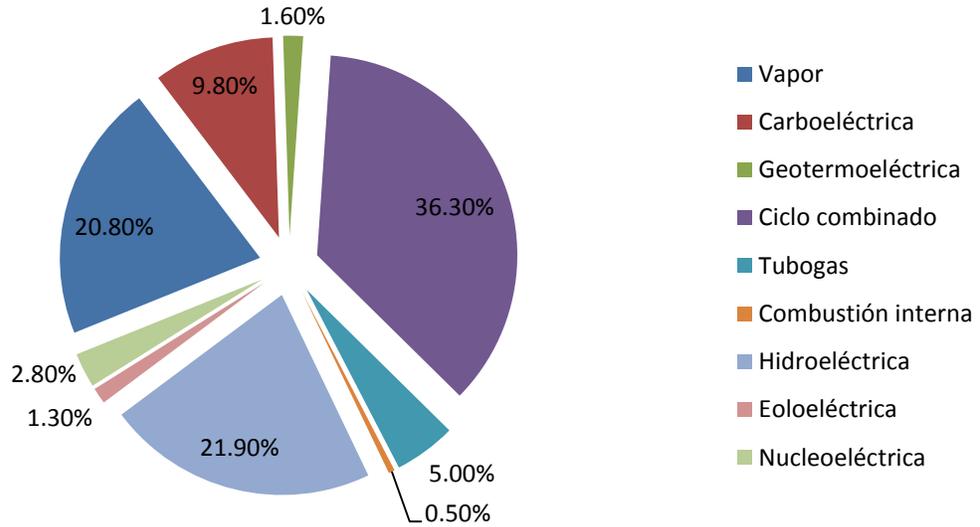
## Distribución de clientes de CFE



Fuente: Informe anual 2015 de CFE.  
Fig. 2.2.a

- La infraestructura de **generación** estaba integrada por 188 centrales, con 1,020 unidades de generación. En conjunto, la capacidad instalada era de 54,852.2 Megawatts (MW).
- La capacidad de generación de electricidad a disposición de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se diversifica en 10 tipos de tecnología:
  - Vapor.
  - Carboeléctrica.
  - Geotermoeléctrica.
  - Ciclo combinado.
  - Turbogás.
  - Combustión interna.
  - Hidroeléctrica.
  - Eoloeléctrica.
  - Nucleoeléctrica.
  - Solar fotovoltaica.

## Porcentaje de Generación por tipo de Tecnología



Fuente: Informe anual 2015 de CFE.  
Fig. 2.2.b

- Para Diciembre de 2015, el sistema de **transmisión** de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) contaba con una capacidad instalada en operación de 166,279.6 Megavolts Ampere (MVA), en 486 subestaciones de potencia.
- Para transportar la energía eléctrica de un punto a otro, contaba con 57,784.51 kilómetros de líneas de transmisión en los voltajes de 400, 230, 161 y 115 kilovolts (kV), con un manejo de energía anual de aproximadamente 265,350 Gigawatts hora (GWh).
- En estas mismas fechas, el sistema eléctrico de **distribución** de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) contaba con una capacidad instalada en operación de 55,464 Megavolts Ampere (MVA) en 1,922 subestaciones de potencia. Para distribuir la energía eléctrica a la población, contaba con 828,653 kilómetros de líneas de tensiones alta, media y baja, así como con alrededor de 1.42 millones de transformadores de distribución.

### 2.3. Subestaciones eléctricas:

Una subestación eléctrica es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Su principal función es la producción, conversión, transformación, regulación, repartición y distribución de la energía eléctrica. La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida.

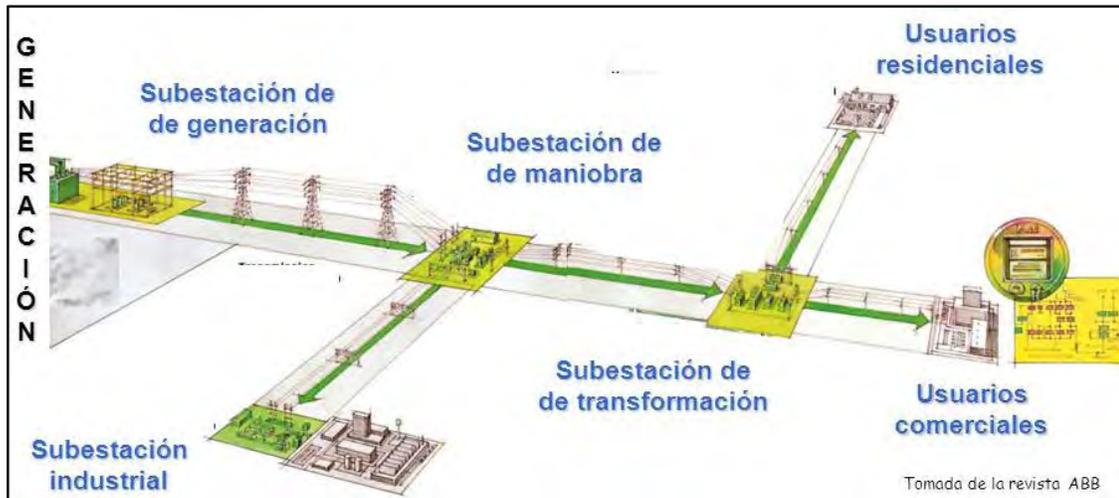
Las subestaciones se clasifican en 2 tipos según el tipo de función que desarrollan:

- **Subestaciones de transformación:** son las que se encargan de transformar la energía eléctrica mediante el uso de uno o más transformadores. Pueden ser de dos tipos:
  - Subestaciones transformadoras elevadoras: En estas subestaciones se eleva la tensión generada de media a alta o muy alta para así hacer eficiente el proceso de transmisión, es decir la potencia de salida de los transformadores está a una tensión más alta que la potencia de entrada.
  - Subestaciones transformadoras reductoras: Se encargan de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para poder distribuir la energía después, la potencia de salida de los transformadores está a una tensión más baja que la potencia de entrada.
- **Subestaciones de Maniobra:** Se encargan de conectar dos o más circuitos, en estas subestaciones no se transforma la tensión.

Igualmente las subestaciones pueden ser clasificadas por su ubicación y construcción:

- **Tipo Intemperie:** Aquellas que operan expuestas a todo tipo de condiciones atmosféricas, ocupan amplias áreas de terreno y con muy comunes en las afueras de las ciudades.
- **Tipo interior:** Están cubiertas por una obra civil (caseta), esto con el fin de protegerlas de fenómenos ambientales que pueden reducir su productividad como la contaminación salina, vientos fuertes,

descargas atmosféricas, entre otros. Algunas subestaciones compactas de este tipo son idóneas para ser ubicadas en zonas urbanas, con poca disponibilidad de espacio o con un alto costo del terreno.



Esquema ilustrativo de los tipos de subestaciones.  
Fig. 2.3.a

#### 2.4. Transformadores trifásicos:

Para poder transportar o distribuir la energía es necesario modificar sus valores de entrada y de salida según sea conveniente, en función de la aplicación que se le vaya a dar.

Para ello se utiliza el transformador, considerado por muchos como una máquina eléctrica pese a que este no lleva asociada una conversión entre tipos de energía.

Así pues, el transformador permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia, basándose en el fenómeno de inducción electromagnética.

Los transformadores de trifásicos (3 fases) son actualmente los más utilizados en la industria eléctrica debido a que se pueden aprovechar en las distintas partes del sistema eléctrico: Durante la generación, cerca de los generadores para elevar la tensión de estos; durante la transmisión a través de líneas y en la distribución donde se lleva la energía con menores voltajes hacia las casas, comercios e industrias.

Los transformadores trifásicos pueden ser clasificados dependiendo de la relación de transformación y su uso en:

- **Transformadores de potencia:** Utilizados para la transmisión de energía en alta y media tensión, se ubican en subestaciones transformadoras y centrales de generación. Manejan potencias entre 1.25 y 20 MVA.



Variación de tamaño en transformadores de potencia, según su capacidad.  
Fig. 2.4.a y 2.4.b

- **Transformadores de distribución:** Maneja potencias iguales o inferiores a 500 KVA y su aplicación se limita a alimentar granjas, residencias, edificios o almacenes. Son más pequeños que los de potencia.



Variación de tamaño en transformadores de distribución, según su capacidad.  
Fig. 2.4.c

### 3. Estudios Geotécnicos.

---

#### 3.1. Descripción del proyecto:

El proyecto general es una subestación de distribución nueva, que consiste en la construcción y suministro de:

- Un Transformador trifásico de 30 MVA, con tensiones nominales de 115/13.8 kV.
- Dos alimentadores en 115 kV que enlazarán esta instalación con otras dos subestaciones más.
- Seis alimentadores en el nivel de tensión de 13.8 kV.
- Un banco de capacitores conectado en la Barra Principal de 13.8 kV, con una capacidad de 1.8 MVar.

El proyecto incluye además, el desarrollo de la ingeniería civil asociada, la realización de un estudio geotécnico, levantamiento topográfico y un estudio de resistividad del terreno.

#### 3.2. Localización y características del sitio:

La subestación se ubica a un costado de la Carretera Inter ejidal Km 1.18 Colonia Vamos Tamaulipas, en Ciudad Victoria Estado de Tamaulipas.



Ubicación geográfica del estado de Tamaulipas.  
Fig. 3.2.a



Mapa de Ciudad Victoria. Fuente: Google Maps. Fig. 3.2.b



Localización del predio del proyecto. Fuente: Google Maps. Fig. 3.2.c

Este predio cuenta con topografía semi plana, la vegetación existente es abundante típica de la región que van desde zacate, matorrales y arbustos, el sitio en estudio no cuenta con delimitación alguna, a sus alrededores se observan predios libres.

**TABLA 1: Valores obtenidos de fuentes estadísticas que corresponden a la estación u observatorio meteorológico más cercano, INEGI.**

Altitud [msnm]	336
Temperatura máxima extrema [°C]	48.3
Temperatura mínima extrema [°C]	-7.7
Días con heladas por año.	50
Valor máximo de humedad relativa media [%]	76.83
Intensidad de lluvia [mm/hr]	223
Velocidad máxima de viento [km/h]	170
Nivel de contaminación [conforme a Publicación IEC 60815]	ALTO
Categoría del terreno.	2
Factor de topografía.	1.1

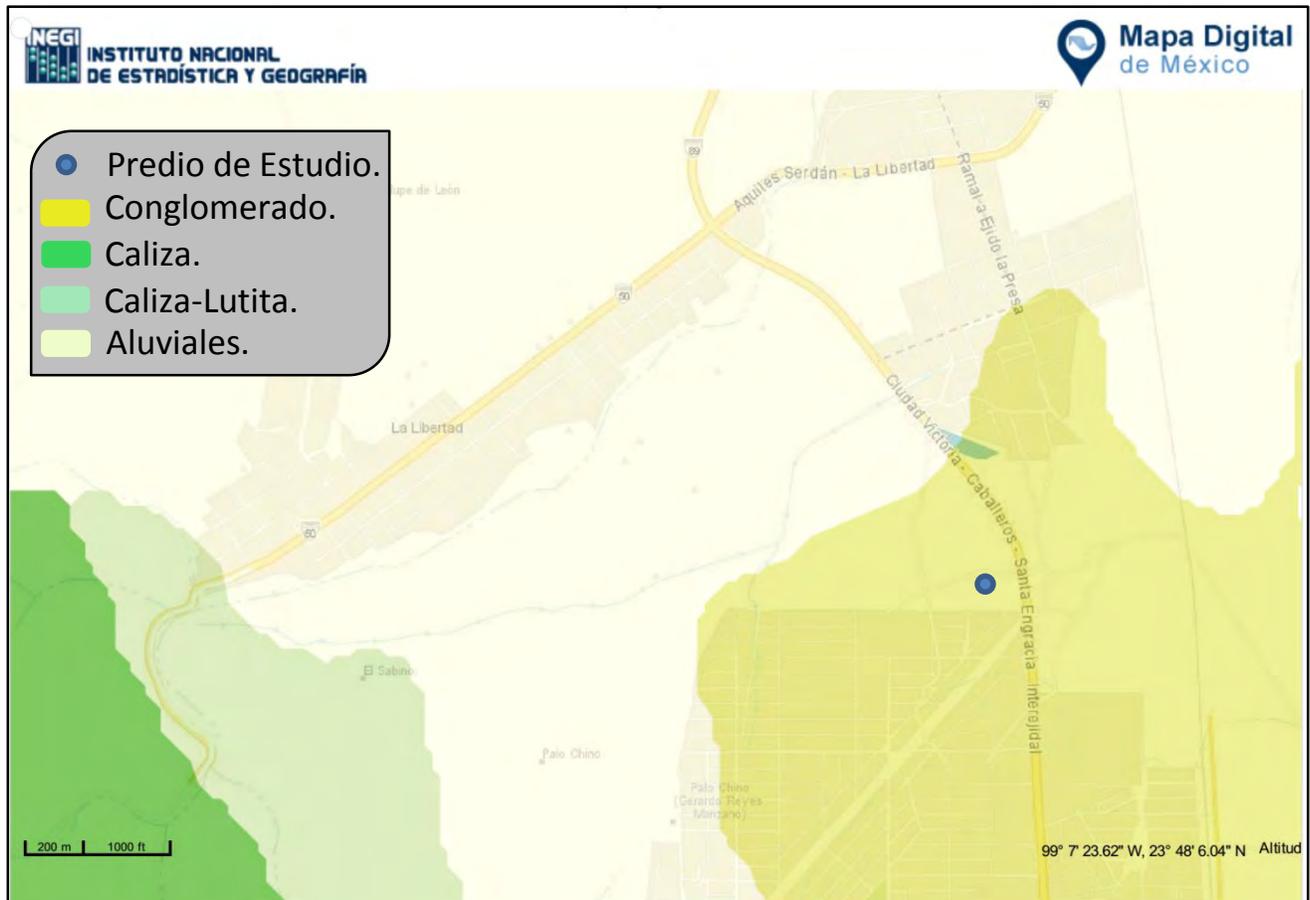
### 3.3. Marco geológico:

De acuerdo con la literatura consultada y emitida por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) a través de la carta geológica del Municipio de Victoria puede resumirse lo siguiente: el sitio en estudio se encuentra sobre una zona constituida por Qc-suelo sedimentario aluvial del Cuaternario de la era del Cenozoico.

Asimismo, en la zona donde se localiza el proyecto, no se aprecian estructuras geológicas (fallas, fracturas, dolinas, etc.), que afecten al predio en estudio, por lo que no se considera, constituyan un riesgo potencial de inestabilidad para el desplante de cimentaciones de las estructuras a colocar.

La mayor parte de los terrenos del estado de Tamaulipas están constituidos por rocas sedimentarias, cuyas edades cubren un rango geocronológico del Paleozoico al Cuaternario; son de origen marino o continental con predominancia de las primeras. Sin embargo, también se encuentran, aunque en áreas menores, rocas ígneas cenozoicas, rocas metamórficas, precámbricas y paleozoicas, así como depósitos no consolidados del Cuaternario.

Los suelos se encuentran distribuidos en el estado como relleno de valles, siendo notorios los gruesos espesores que alcanzan en la porción oriental que corresponde a la Planicie Costera del Golfo.



Mapa geológico de rocas. Fuente: INEGI  
Fig. 3.3.a

### 3.4. Exploración geotécnica.

Todas las actividades de campo, estuvieron encaminados a la obtención de datos que fueran de utilidad para la determinación de los siguientes conceptos:

- Localización del estrato más apto para la cimentación y ubicación de la profundidad de desplante.
- Determinación de las características físicas y mecánicas de cada uno de los materiales encontrados en la estratigrafía del sitio, con fines de clasificación e identificación de propiedades no deseables para el proyecto.

### 3.4.1. Localización de sondeos:

Para la caracterización del suelo en todo el predio, se realizaron un total de 6 sondeos Mixtos a una profundidad de 15 metros cada uno, pozos a cielo abierto y 4 pruebas con presiómetro de Menard, cuya localización se muestra en los anexos, en el plano **P-001**.

En la siguiente tabla se muestra la localización de los sondeos con coordenadas UTM:

**TABLA 2: Localización de sondeos mixtos.**

SONDEO	SISTEMA DE COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN
	X	Y	msnm
SC-01	482770	2630713	305
SC-02	482802	2630705	304
SC-03	482791	2630729	304
SC-04	482791	2630748	304
SC-05	482771	2630738	305
SC-06	482745	2630720	306

**TABLA 3: Localización de pozos a cielo abierto.**

SONDEO	SISTEMA DE COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN
	X	Y	msnm
PCA-01	482770	2630707	305
PCA-02	482802	2630712	304
PCA-03	482791	2630737	304
PCA-04	482771	2630746	304
PCA-05	482771	2630728	305
PCA-06	482751	2630725	306

### 3.4.2. Pozo a Cielo Abierto (PCA):

El pozo a cielo abierto o PCA permite observar directamente la estratigrafía del sitio y obtener muestras casi inalteradas de los estratos más superficiales y de interés.

En este proyecto, la exploración superficial consistió en excavar 6 sondeos PCA, en los cuales las actividades principales fueron:

- Mediante el uso de máquina retroexcavadora, se logró excavar los pozos hasta una profundidad máxima de 0.9 m, esta profundidad fue limitada por el tipo de suelo detectado, ya que el material se encontraba muy consolidado en proceso de litificación. Los sondeos no se llegaron a la profundidad según la especificación **CPTT-DIC-EGD-1** (Estudios Geotécnicos Para Ingeniería De Detalle En Subestaciones Eléctricas – CFE).
- Se identificó la estratigrafía existente en el lugar (determinación de espesores) y obtención de muestras.

*Los resultados y profundidades de los sondeos se encuentran en el anexo.*



Pozo a cielo abierto: PCA-06.  
Fig. 3.4.2.a

### 3.4.3. Prueba de Penetración Estándar (SPT):

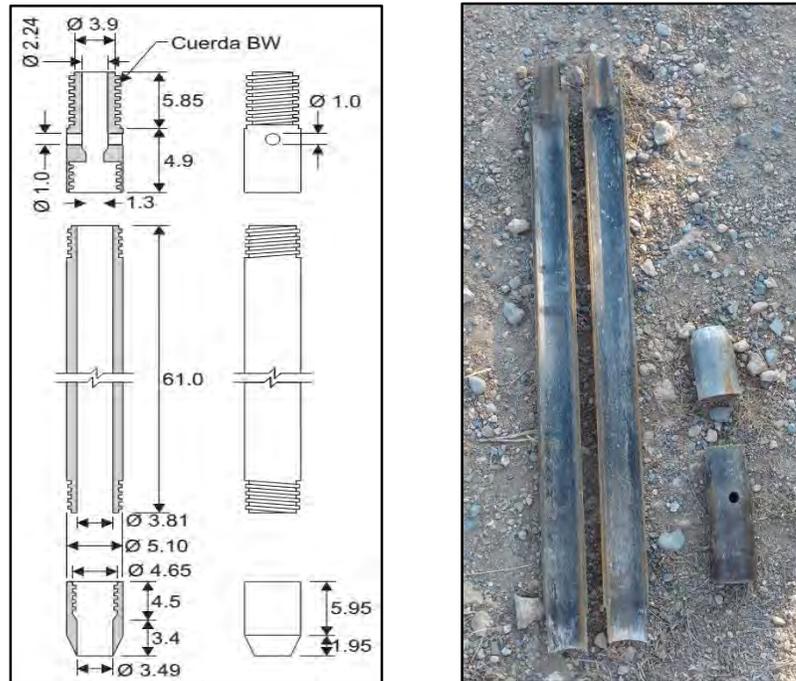
El penetrómetro estándar se emplea para rescatar muestras alteradas, estas muestras permiten identificar cada estrato del suelo, sus propiedades índice y así definir la estratigrafía del sitio.

Con el número de golpes N necesario para el hincado se puede estimar la resistencia al corte del suelo mediante el uso de correlaciones como la de Terzaghi y Peck (1948) a continuación:

$$\phi = 28.5 + 0.25 N$$

Donde,

**N**, es el número de golpes corregido.



**Penetrómetro Estándar.**  
**Fig. 3.4.3.a y b**

En este proyecto, la exploración profunda consistió en realizar 6 sondeos SPT con el equipo perforador Mobil Drill B-24 DIESEL con barrenas helicoidales de 4" de diámetro y llevados a una profundidad de 15 m, en los cuales las actividades principales fueron:

- Marcado de la tubería de media caña para la determinación del Número de "N" de golpes.
- Determinación del número "N" de golpes, mediante la prueba de penetración estándar (SPT; ASTM-D-1586-vigente).
- Obtención de muestras alteradas de la tubería de media caña e Identificación de la estratigrafía existente en el lugar -determinación de espesores- (mediante avance y registro de sondeos continuos).



Mobil Drill B-24.  
Fig. 3.4.3.b



Barrenas Helicoidales utilizadas para avance.  
Fig. 3.4.3.c

*Los resultados y profundidades de los sondeos se encuentran en el anexo.*

#### 3.4.4. Presiómetro de Menard:

El ensayo presiométrico de Menard es un ensayo esfuerzo-deformación que permite obtener las características geotécnicas del suelo referidas a su deformabilidad y resistencia. Además permite conocer la presión a la cual un suelo pasa de tener un comportamiento elástico a plástico, mediante la presión de fluencia.

De acuerdo con la densidad del material, en el cual no fue posible la extracción de muestras inalteradas para la obtención de parámetros mecánicos y en cumplimiento con especificación **CPTT DIC EGD-1**, fue necesario el empleo de pruebas en sitio mediante el empleo de ensayos con presiómetro.

Mediante incrementos constantes de presión es posible obtener los parámetros de deformabilidad del suelo, Módulo de deformación elástico de Young (E) y Módulo de corte (G).

El módulo de corte (G) se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$G = V_o \frac{dp}{dv}$$

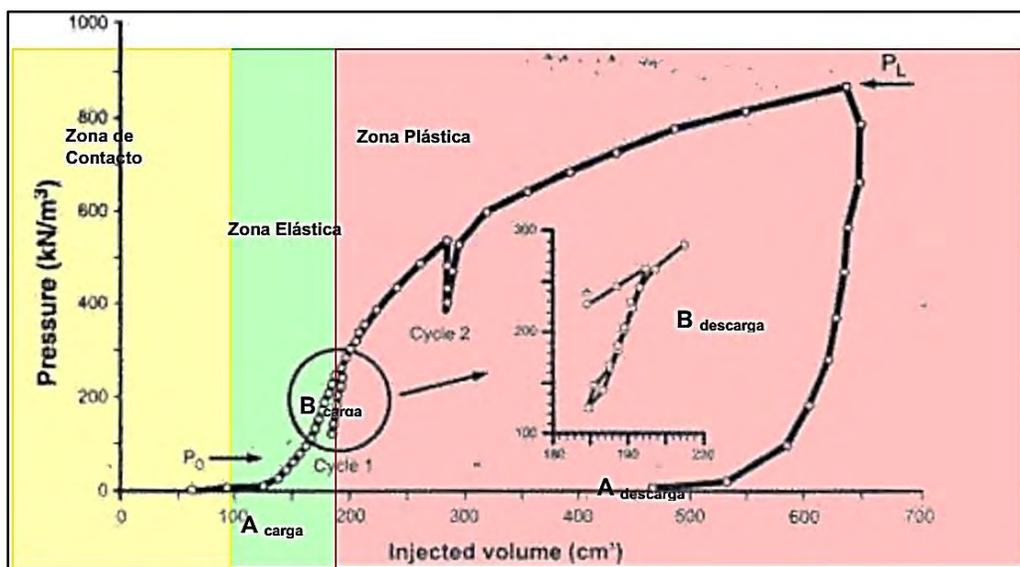
Donde,

**G**, es el módulo de corte.

**V<sub>o</sub>**, es el volumen de agua de la sonda durante la calibración dentro del tubo de acero.

**dp**, es la diferencia de presión en la sonda durante el intervalo de análisis.

**dv**, es la diferencia de volumen en la sonda durante el intervalo de análisis.



Ensayo de presiómetro de Menard: Gráfica Presión Vs. Volumen total. Fig. 3.4.4.a

A partir de la determinación del módulo de corte ( $G$ ), es posible determinar el módulo de deformación elástico de Young ( $E$ ) por medio de la siguiente expresión:

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Donde,

**E**, es el módulo de deformación de Young.

**G**, es el módulo de corte.

**$\nu$** , es el módulo de poisson.

Indirectamente, según aplique por el tipo de material se puede calcular el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y/o Cohesión de un suelo ( $c$ ), mediante la colocación de una sonda que se expande en un barreno en el subsuelo, desplazándolo elastoplasticamente, hasta obtener la falla del

material, en este caso es posible obtener la resistencia del material mediante el parámetro PL (presión límite).

Para obtener el valor del ángulo de fricción interna se aplica el criterio de falla de Mohr-Coulomb cuya envolvente se ve descrita por la siguiente ecuación:

$$Su = \sigma'_v \tan \phi$$

Donde,

**Su**, es el esfuerzo cortante.

**$\sigma'_v$** , es el esfuerzo vertical efectivo.

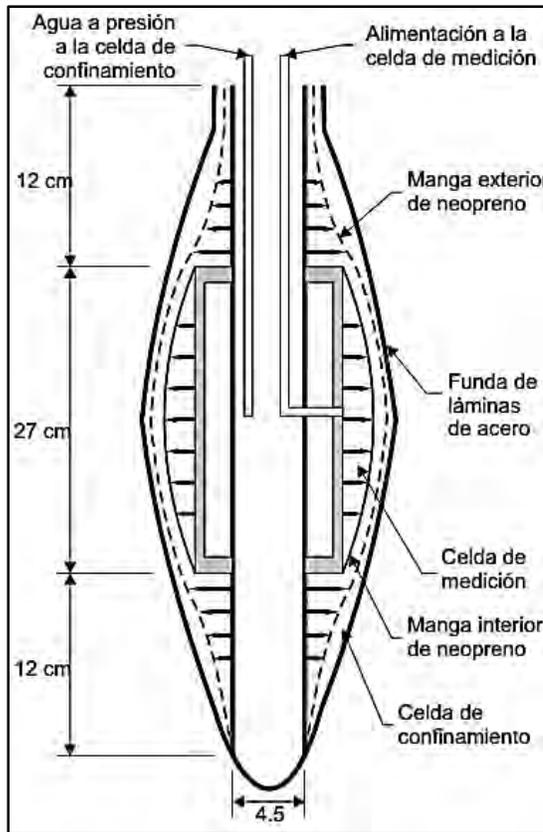
**$\phi$** , es el ángulo de fricción interna.

El equipo que se empleó para los ensayos, comprende básicamente la sonda presiométrica, una unidad de control de presión y medidor de volumen, ductos y mangueras. La unidad de control de presión está compuesta a su vez de un tanque de gas comprimido, un tanque de agua, manómetros.

*Los resultados y profundidades de los sondeos se encuentran en el anexo.*

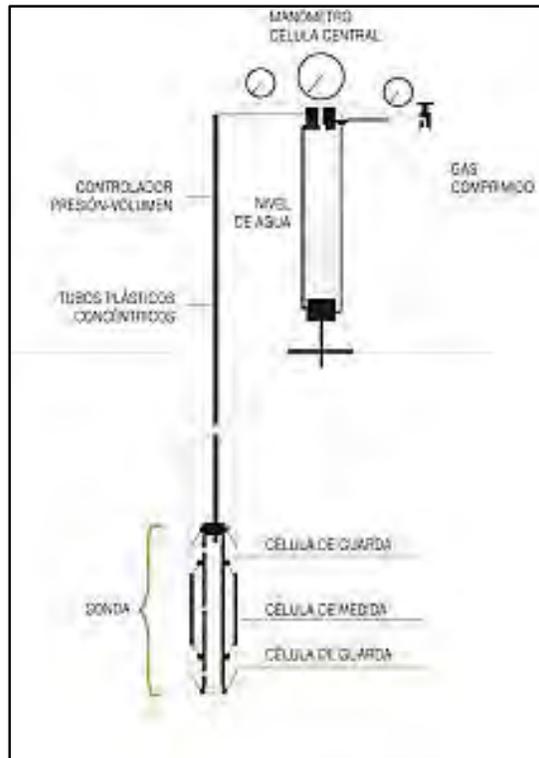
Algunas características de la prueba realizada son:

- El ensayo consiste en la expansión de una sonda dentro de una cavidad cilíndrica formada en el suelo (barreno) para medir la relación presión-deformación del suelo. Esto se consigue perforando mediante maquinaria a rotación hasta la profundidad del ensayo, así, la parte final del barreno forma la cavidad cilíndrica referida.
- Una vez que la sonda presiométrica es introducida y posicionada a la profundidad a la que se desea realizar la determinación, procede a dar presión hasta que la sonda hace contacto con el suelo y eventualmente lo desplaza horizontalmente.
- Durante el proceso de ensanchado, en todo momento se lleva registro de la presión y del volumen registrados en la consola.
- La sonda presiométrica de Menard está diseñada de tal manera que la expansión sea únicamente una expansión radial, por lo que no existe un cambio de longitud de la sonda.



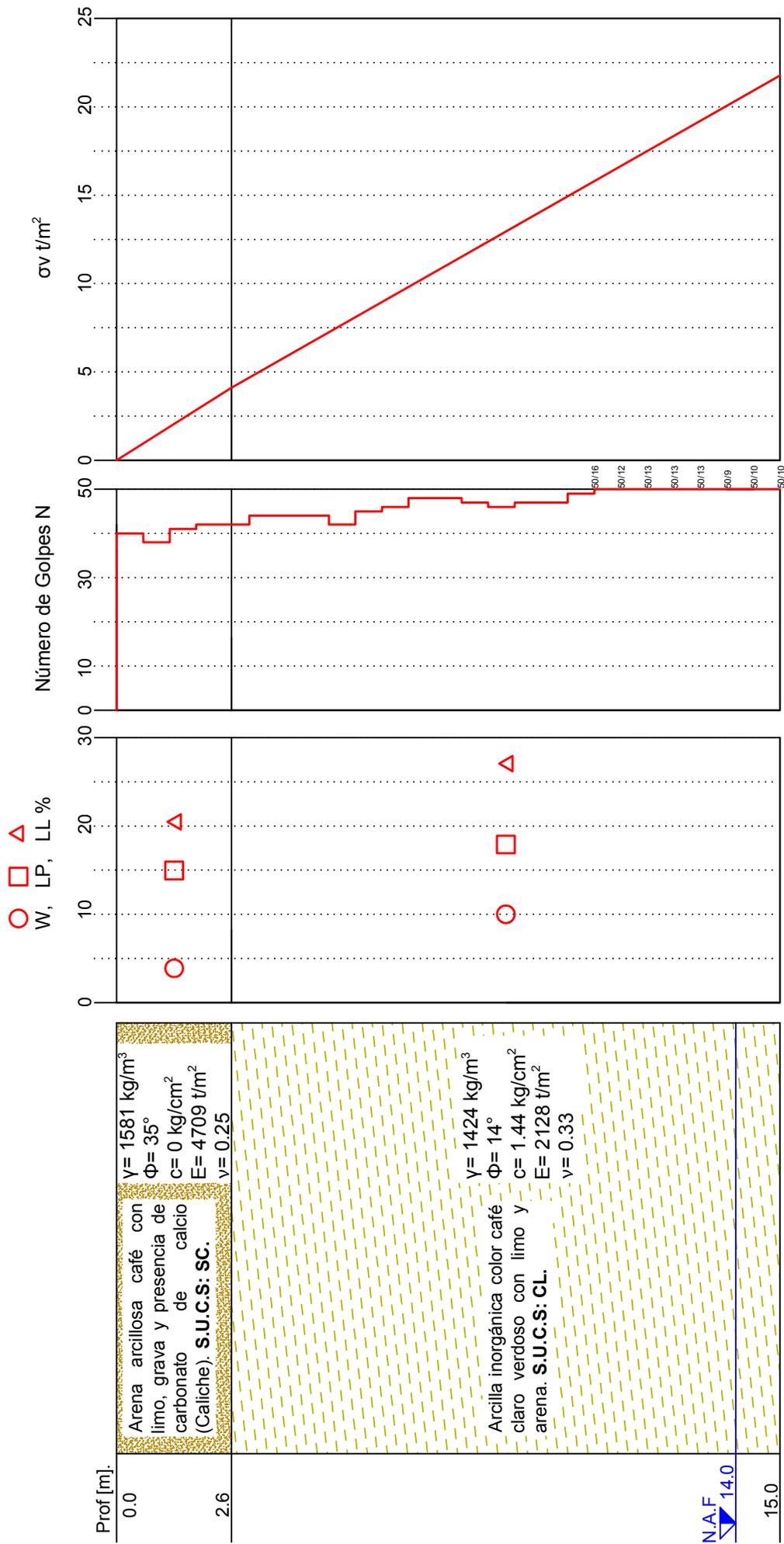
Las pruebas presiométricas desarrolladas, han sido de esfuerzo controlado. Es decir, se han aplicado incrementos iguales de presión a la sonda y, se ha mantenido constante el nivel de esfuerzo durante un intervalo de tiempo conocido (60 s), tomando lecturas de presión y volumen a 15, 30 y 60 segundos, antes de incrementar la presión nuevamente.

Esquema de sonda presiométrica. (Santoyo, 2010).  
Fig. 3.4.4.b



Componentes principales del presiómetro de Menard - ROCKTEST  
Fig. 3.4.4.c y d





## 5. Propuestas de sistemas de cimentación para el transformador:

---

Una cimentación se puede definir como el sustento o apoyo de una estructura sobre el terreno, debido a que este último por su condición natural presenta un comportamiento distinto al del resto de elementos que conforman la estructura, es necesario encontrar la manera de transmitir y repartir las cargas que esta genera de manera correcta al suelo para así evitar que el terreno falle o se deforme de una manera no deseada.

El tipo de cimentación a utilizar en cualquier proyecto según Juárez Badillo y Rico Rodríguez se define con base en:

- La superestructura, los materiales que la constituyen y las cargas que esta genera.
- El suelo, sus propiedades mecánicas como la resistencia, compresibilidad y permeabilidad.
- El factor económico en el que se debe evaluar el costo de la cimentación con su importancia y con la superestructura.

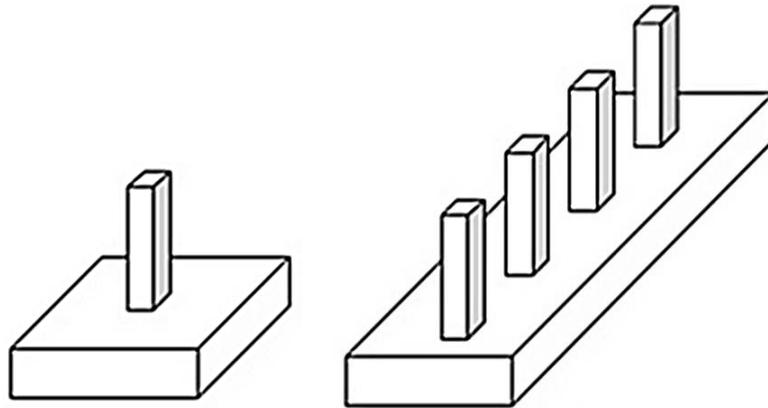
Las cimentaciones son comúnmente clasificadas en:

- **Cimentaciones Superficiales:**

Aquellas que se apoyan en capas de material poco profundas o que no sobrepasan una profundidad de desplante mayor a un par de veces el ancho del cimiento.

Las cimentaciones superficiales más comunes son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

Las zapatas aisladas son la ampliación de la base de una columna o de un muro, son elementos generalmente cuadrados o rectangulares, en caso de que se necesite un área mayor para la repartición de grandes cargas o que la proximidad entre zapatas aisladas sea muy poca se emplean las zapatas corridas.

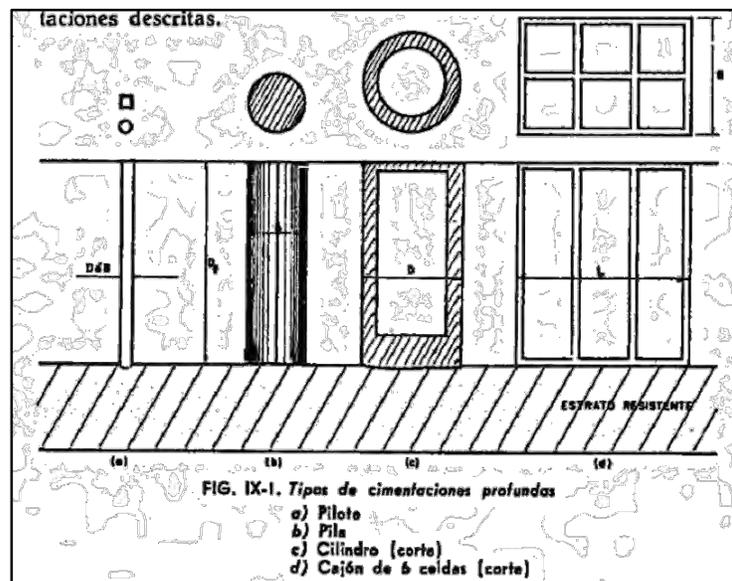


Esquema ilustrativo de una zapata aislada (Izquierda) y una zapata corrida (Derecha).  
Fig. 5.a

➤ **Cimentaciones profundas:**

En ocasiones el suelo cercano a la superficie no es lo suficientemente adecuado para el apoyo de estructuras que demandan mejores condiciones de resistencia y deformabilidad, por lo que es necesario buscar estratos más resistentes a mayores profundidades o aprovechar el esfuerzo cortante entre el terreno y la cimentación para soportar las cargas que son aplicadas.

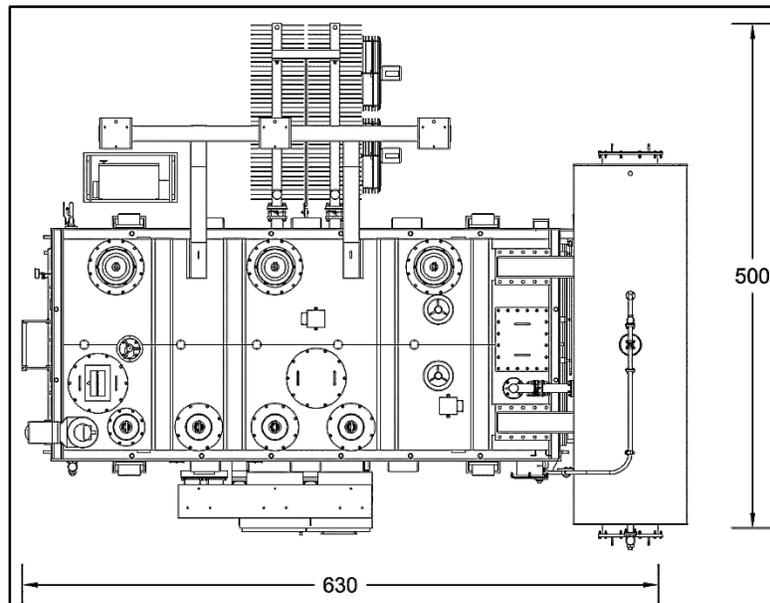
Algunos ejemplos de estas cimentaciones son las pilas, los pilotes, los cilindros y los cajones.



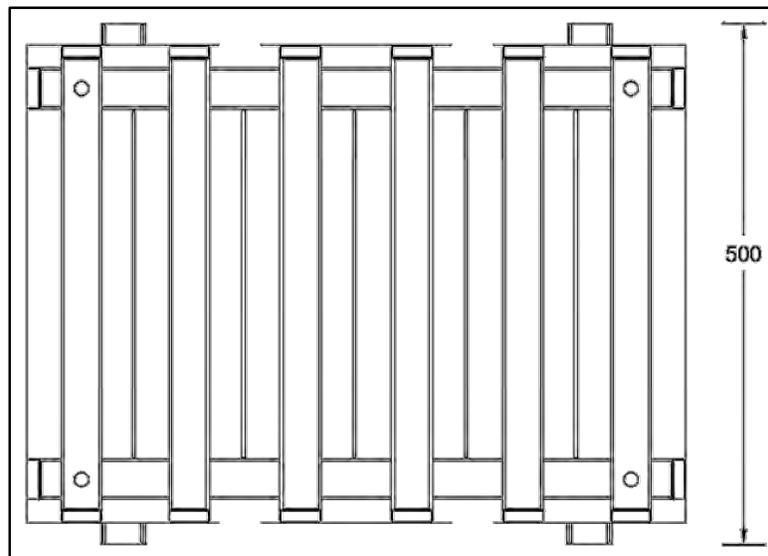
Tipos de cimentaciones profundas. Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez. Fig. 5.b

### 5.1. Características del transformador:

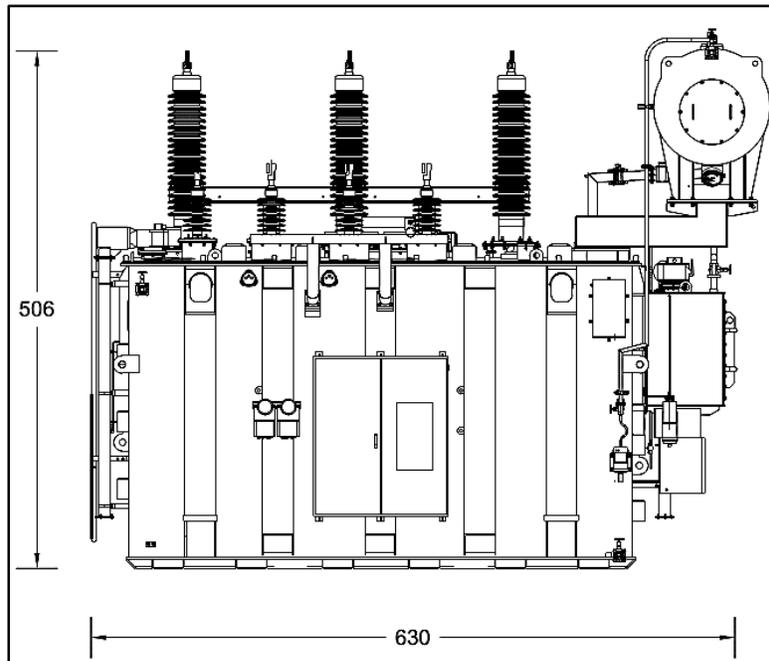
El transformador a cimentar es un transformador de potencia trifásico de la marca PROLEC serie G3674-01, el ancho es de 5.00 m, el largo es de 6.30 metros y el peso total es de 75.44 toneladas. Las demás dimensiones y características particulares pueden verse en el plano anexo **P-002**.



Vista en planta superior del transformador. Dimensiones en cm.  
Fig. 5.1.a



Vista en planta inferior del transformador. Dimensiones en cm.  
Fig. 5.1.b



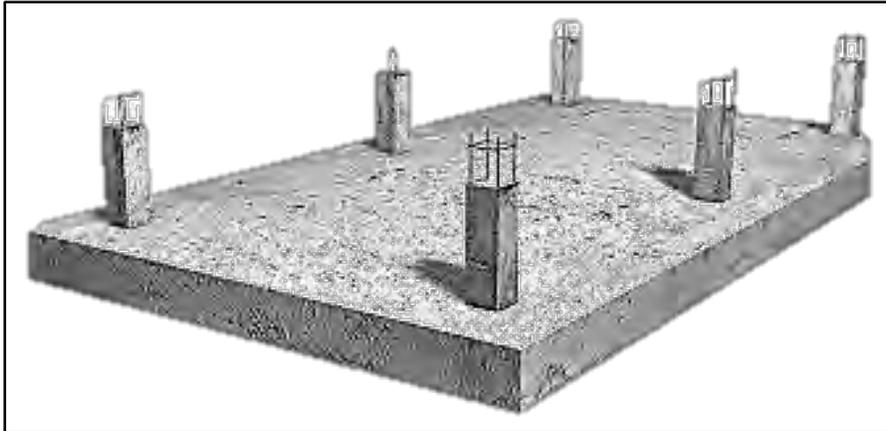
Vista de perfil del transformador. Dimensiones en cm.  
Fig. 5.1.c

TABLA 4: Masas y materiales del transformador.

TABLA DE MASA EN KILOGRAMOS Y TIPO DE MATERIAL, CONSTANTE DE ACELERACION GRAVITACIONAL 9.81 m/seg <sup>2</sup>		
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO DE BAJA TENSION POR FASE	Cu	3545
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO DE ALTA TENSION POR FASE	Cu	5048
MASA TOTAL DE BOBINAS		8593
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL NUCLEO	ZDKH	18315
MASA DE LOS HERRAJES + CAMBIADOR		3737
MASA DE LOS AISLAMIENTOS		2133
MASA DE LA PARTE MAS PESADA QUE PUDIERA LEVANTARSE EN FORMA INDEPENDIENTE		34980
MASA DEL TANQUE + ACCESORIOS		16295
MASA DE PARTE VIVA		34980
MASA DEL ACEITE		23390
MASA DE EMBARQUE SIN ACEITE		48470
MASA TOTAL		75435

## 5.2. Propuesta: Losa de Cimentación:

Una losa de cimentación puede definirse como una zapata combinada que abarca toda el área que queda debajo de una estructura, son útiles cuando se quiere cimentar sobre materiales poco competentes o cuando las cargas generadas por la estructura son muy altas.



Ejemplo de losa de cimentación.  
Fig. 5.2.a

Se propone a continuación una losa de concreto reforzado como sistema de cimentación para el transformador, la losa tendrá un ancho  $B=5.6$  m, un largo  $L= 6.9$  m y un peralte  $e=0.5$  m.

Por especificaciones de la CFE para la construcción de cimentaciones, todas ellas deben tener un afloramiento mínimo de 0.2 m por lo que la profundidad de desplante de la losa es  $D_f=0.3$  m sobre el primer estrato.

Los materiales que se usarán para el diseño y la construcción de la cimentación del transformador, tendrán las siguientes propiedades mecánicas:

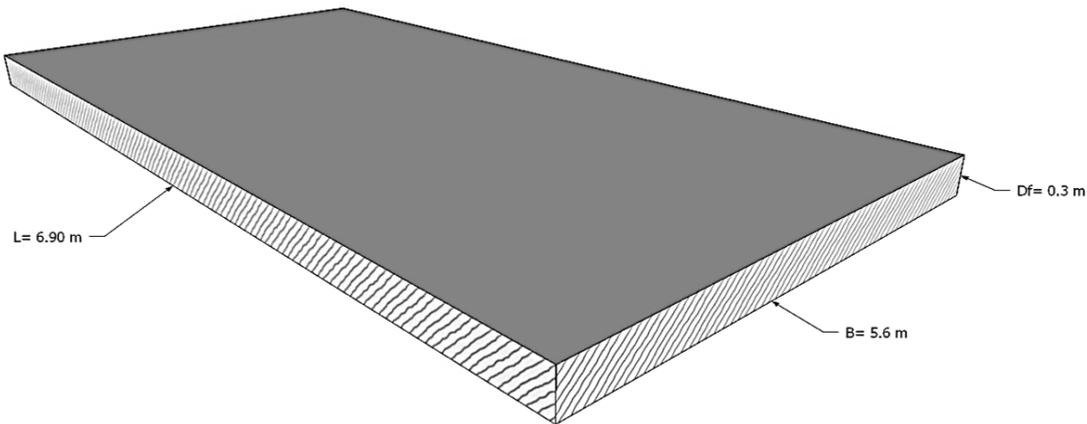
- Concreto,  $f'_c = 250$  Kg/cm<sup>2</sup>; debe cumplir con la Especificación CFE C0000-15 y NMX aplicables. Relación máxima agua-cemento = 0.45.
- Acero de refuerzo,  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>; debe cumplir con las normas NMX aplicables.
- Peso unitario total del Concreto Reforzado,  $\gamma_c = 2.4$  t/m<sup>3</sup>.

## Diseño Geotécnico y Estructural de la Losa de Cimentación:

### 5.2.1 Datos principales:

#### Geometría:

Ancho total,	<b>B [m] =</b>	<b>5.60</b>
Largo total,	<b>L [m]=</b>	<b>6.90</b>
Espesor,	<b>e<sub>lp</sub> [m]=</b>	<b>0.50</b>
Profundidad de desplante, (e <sub>lp</sub> -0.2)	<b>D<sub>f</sub> [m]=</b>	<b>0.30</b>



#### Propiedades de los Materiales

Peso Volumétrico del Concreto Reforzado,	<b>γ<sub>c</sub> [t/m<sup>3</sup>]=</b>	<b>2.40</b>
Resistencia del concreto	<b>f'<sub>c</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>250.0</b>
Resistencia del acero a fluencia	<b>f<sub>y</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>4200</b>
Coefficiente de reducción de la resistencia a flexión,	<b>φ<sub>f</sub> =</b>	<b>0.90</b>
Resistencia del acero a cortante	<b>f<sub>y</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>4200</b>
Coefficiente de reducción de la resistencia a cortante,	<b>φ<sub>c</sub> =</b>	<b>0.75</b>

#### Características del transformador:

Equipo	<b>Transformador de potencia trifásico</b>	
Ancho total del equipo,	<b>B<sub>e</sub> =</b>	<b>5.000</b>
Largo total del equipo,	<b>L<sub>e</sub> =</b>	<b>6.300</b>
Alto total del equipo,	<b>H<sub>e</sub> =</b>	<b>5.060</b>
Peso total del equipo,	<b>W<sub>e</sub> [t]=</b>	<b>75.440</b>
Excentricidad del centro de gravedad en x,	<b>x<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>0.01</b>
Excentricidad del centro de gravedad en y,	<b>y<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>0.38</b>
Altura del centro de gravedad*,	<b>z<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>1.30</b>

#### Cargas Actuantes

-Las acciones permanentes son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son: la carga muerta; debida al peso propio de la losa de cimentación y al peso de los equipos instalados sobre la misma.

Con base a lo anterior, la carga muerta total por peso propio de la losa de cimentación estará dada por:  $CM = W_{lp} + W_e$

### Carga Muerta

Peso propio de la losa de cimentación, ( $\gamma_c * B * L * e$ )	<b>PP [t]= <math>W_{ip}</math></b>	46.37
Peso del equipo,	<b>PEC [t]= <math>W_e</math></b>	75.44
Total Carga Muerta, (PP+PEC)	<b>CM [t]=</b>	121.81

-Las acciones accidentales son las que no se deben al funcionamiento normal de la estructura y que pueden alcanzar intensidades significativas sólo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría: las acciones sísmicas; los efectos del viento; las cargas de granizo; los efectos de explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios.

### Carga Accidental (Sismo)

Coeficiente sísmico,	<b>c [g]=</b>	0.16
Factor de amplificación,	<b>Fa =</b>	1.50
Carga sísmica horizontal, ( $W_e * c$ )	<b>CS<sub>x,y</sub> [t]=</b>	12.07
Carga sísmica vertical, ( $(2/3) * CS_{x,y}$ )	<b>CS<sub>z</sub> [t]=</b>	8.05
Altura de aplicación de la carga sísmica,	<b>H<sub>cz</sub> [m]=</b>	1.30

### 5.2.2 Reacciones en la base del equipo

#### Combinaciones de Carga

Hipótesis de Carga		Combinación de Carga
Condición Máxima	C1	1.5PP+1.5PEC+1.5CV
Condición Máxima	C2x	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSx+0.3CSz
Condición Máxima	C2y	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSy+0.3CSz
Condición Máxima	C3x	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSx+1.0CSz
Condición Máxima	C3y	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+0.3CSy+1.0CSz
Condición Volteo Sismo	C4x	0.9PP+0.9PEC+1.0CSx+0.3CSz
Condición Volteo Sismo	C4y	0.9PP+0.9PEC+1.0CSy+0.3CSz
Condición Volteo Sismo	C5x	0.9PP+0.9PEC+0.3CSx+1.0CSz
Condición Volteo Sismo	C5y	0.9PP+0.9PEC+0.3CSy+1.0CSz

Combinación	Factor de Carga por Tipo					
	PP	PEC	CV	CSx	CSy	CSz
<b>C1</b>	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
<b>C2x</b>	1.20	1.20	1.20	1.00	0.00	0.30
<b>C2y</b>	1.20	1.20	1.20	0.00	1.00	0.30
<b>C3x</b>	1.20	1.20	1.20	0.30	0.00	1.00
<b>C3y</b>	1.20	1.20	1.20	0.00	0.30	1.00
<b>C4x</b>	0.90	0.90	0.00	1.00	0.00	0.30
<b>C4y</b>	0.90	0.90	0.00	0.00	1.00	0.30
<b>C5x</b>	0.90	0.90	0.00	0.30	0.00	1.00
<b>C5y</b>	0.90	0.90	0.00	0.00	0.30	1.00

Para el cálculo de las fuerzas actuantes sobre la cimentación se tiene que:

- Las fuerzas en dirección x son aquellas generadas por el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_x=CS_x$

-Las fuerzas en dirección y son aquellas generadas por el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_y=CS_y$

- Las fuerzas en dirección z son aquellas generadas por el peso de la losa, el peso del equipo y el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_z=(PP+PEC+CS_z)$

- Los momentos en dirección x son aquellos generados por la excentricidad del centro de masa del equipo y el sismo en el sentido y , por lo tanto  $M_{xx}=(PEC \cdot Y_{cg})+(CS_y \cdot Z_{cg})$

- Los momentos en dirección y son aquellos generados por la excentricidad del centro de masa del equipo y el sismo en el sentido x , por lo tanto  $M_{yy}=(PEC \cdot X_{cg})+(CS_x \cdot Z_{cg})$

Todas las acciones mencionadas anteriormente deben multiplicarse por su respectivo factor según la combinación de carga a analizar:

Combinación	Carga a Nivel +0.00				
	F <sub>x</sub> (ton)	F <sub>y</sub> (ton)	F <sub>z</sub> (ton)	M <sub>xx1</sub> (t-m)	M <sub>yy1</sub> (t-m)
<b>C1</b>	0.00	0.00	182.71	43.00	1.24
<b>C2x</b>	12.07	0.00	148.58	34.40	16.69
<b>C2y</b>	0.00	12.07	148.58	50.09	1.00
<b>C3x</b>	3.62	0.00	154.22	34.40	5.70
<b>C3y</b>	0.00	3.62	154.22	39.11	1.00
<b>C4x</b>	12.07	0.00	112.04	25.80	16.44
<b>C4y</b>	0.00	12.07	112.04	41.49	0.75
<b>C5x</b>	3.62	0.00	117.67	25.80	5.45
<b>C5y</b>	0.00	3.62	117.67	30.51	0.75

### 5.2.3 Diseño geotécnico:

El Diseño Geotécnico de la losa de cimentación, consiste en la revisión de Estabilidad contra los Mecanismos de Falla que se pueden presentar durante la vida útil de dicha estructura. Luego entonces, la losa se revisará ante Capacidad de Carga y Volteo.

### Revisión por capacidad de carga:

Basado en la especificación CPTT-DIC-CIM-1, para la revisión del estado límite de falla se debe verificar que:

$$\frac{\sum Q \cdot F_c}{A'} \leq Q_R F_R$$

Donde,

$-\Sigma QFc$ , es la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectada por su respectivo factor de carga.

$-A'$ , es el área reducida de la losa de cimentación.

$-Q_RFc$ , es la capacidad de carga multiplicada por el factor de reducción.

Factor de Sobrecarga,	$F_C =$	1.10
Factor de Reducción de Capacidad,	$F_R =$	0.30

Ecuación general de Meyerhof para capacidad de carga en cimientos rectangulares:

$$Q_R = cN_c \left[ 1 + 0.3 \frac{B}{L} \right] + 0.4\gamma_t B N_\gamma + \gamma_t D_f N_q$$

Suelos Cohesivos:

$$Q_R = cN_c \left[ 1 + 0.3 \frac{B}{L} \right] + \gamma_t D_f$$

Suelos Friccionantes:

$$Q_R = 0.4\gamma_t B N_\gamma + \gamma_t D_f N_q$$

Los factores de capacidad de carga anteriores ( $N_c$ ,  $N_\gamma$  y  $N_q$ , mismos que dependen del ángulo de fricción interna del suelo de cimentación), se obtienen de gráficas o del estudio de mecánica de suelos:

Propiedades del suelo (Obtenidas de la mecánica de suelos en el SM-06):

Tipo de Suelo,		Friccionante
Peso volumétrico del Suelo,	$\gamma_s$ [t/m <sup>3</sup> ]=	1.58
Cohesión,	$c$ [t/m <sup>2</sup> ]=	0.00
Ángulo de Fricción Interna del Suelo,	$\phi'$ °=	35.00
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Cohesión,	$N_c =$	57.75
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Peso Propio,	$N_\gamma =$	45.41
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Sobrecarga,	$N_q =$	41.44

Se sabe que el Momento puede ser expresado como una fuerza resultante que multiplica por una distancia, en este caso dicha distancia es la excentricidad:

$$e_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{Fz}$$

Cuando se presenta una fuerza excéntrica a cualquiera de los ejes de la cimentación es necesario hacer un ajuste de las dimensiones de la cimentación:

$$B' = B - 2e$$

$$L' = L - 2e$$

$$A' = L' \times B'$$

Donde,

B', es el ancho efectivo.

L', es el largo efectivo.

A' es el área efectiva.

Como se mencionó anteriormente el momento calculado en a partir de las combinaciones de carga actúa sobre la cimentación, para el cálculo del momento que se genera bajo la cimentación basta con agregar al momento antes calculado el efecto de las fuerzas Fx y Fy multiplicadas por la profundidad de desplante Df (brazo de palanca).

$$M_{x,x2} = M_{x,x1} + (F_y * D_f)$$

$$M_{y,y2} = M_{y,y1} + (F_x * D_f)$$

Comb	Fz (ton)	Mxx2 (t-m)	Myy2 (t-m)	Excentricidad		Área Efectiva	
				ex (m)	ey (m)	B' (m)	L' (m)
C1	182.71	43.00	1.24	0.01	0.24	5.59	6.43
C2x	148.58	34.40	20.31	0.14	0.23	5.33	6.44
C2y	148.58	53.71	1.00	0.01	0.36	5.59	6.18
C3x	154.22	34.40	6.79	0.04	0.22	5.51	6.45
C3y	154.22	40.19	1.00	0.01	0.26	5.59	6.38
C4x	112.04	25.80	20.06	0.18	0.23	5.24	6.44
C4y	112.04	45.11	0.75	0.01	0.40	5.59	6.09
C5x	117.67	25.80	6.54	0.06	0.22	5.49	6.46
C5y	117.67	31.59	0.75	0.01	0.27	5.59	6.36

Comb	A' (m <sup>2</sup> )	Fz (ton)	Esfuerzo		
			Actuante (Fz/A') F <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Resistente F <sub>R</sub> Q <sub>R</sub> (t/m <sup>2</sup> )	
C1	35.92	182.71	5.60	54.02	Cumple
C2x	34.29	148.58	4.77	51.79	Cumple
C2y	34.51	148.58	4.74	54.03	Cumple
C3x	35.57	154.22	4.77	53.38	Cumple
C3y	35.64	154.22	4.76	54.03	Cumple
C4x	33.76	112.04	3.65	51.06	Cumple
C4y	34.05	112.04	3.62	54.03	Cumple
C5x	35.47	117.67	3.65	53.18	Cumple
C5y	35.55	117.67	3.64	54.03	Cumple

Por lo tanto, la cimentación propuesta es aceptable por capacidad de carga.

### 5.2.4 Revisión por volteo:

Para asegurar que la losa de cimentación no presenta problemas debidos al volteo basta con que se cumpla la siguiente expresión:

$$FS_v = \frac{Mv}{Me} > 1$$

Donde,

$Mv$ , es el momento de volteo actuante, calculado anteriormente.

$Me$ , es el momento estabilizante o resistente debido al peso propio de la losa

$$Mv = M2 \qquad Me_x = PP * \frac{B'}{2} \qquad Me_y = PP * \frac{L'}{2}$$

Comb	Momento Volteo		Momento Estabilizante	
	$Mv_{xx}$ (t-m)	$Mv_{yy}$ (t-m)	$Me_{xx}$ (t-m)	$Me_{yy}$ (t-m)
C1	43.00	1.24	129.51	149.06
C2x	34.40	20.31	123.49	149.23
C2y	53.71	1.00	129.52	143.21
C3x	34.40	6.79	127.79	149.63
C3y	40.19	1.00	129.53	147.88
C4x	25.80	20.06	121.53	149.29
C4y	45.11	0.75	129.52	141.30
C5x	25.80	6.54	127.25	149.80
C5y	31.59	0.75	129.54	147.52

Comb	Factor Seguridad			
	$FSv_x$		$FSv_y$	
C1	3.01	Cumple	119.75	Cumple
C2x	3.59	Cumple	7.35	Cumple
C2y	2.41	Cumple	143.81	Cumple
C3x	3.71	Cumple	22.04	Cumple
C3y	3.22	Cumple	148.51	Cumple
C4x	4.71	Cumple	7.44	Cumple
C4y	2.87	Cumple	189.19	Cumple
C5x	4.93	Cumple	22.90	Cumple
C5y	4.10	Cumple	197.52	Cumple

### 5.2.5 Diseño estructural:

El diseño de la losa que se muestra a contiación se realiza con base en el Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318RS-14) del American Concrete Institute:

#### Sentido longitudinal:

Cortante Máximo Longitudinal,

Momento Máximo Longitudinal,

Base de la sección en el sentido Longitudinal,

$V_x$  [kg]= 182712.00

$M_x$  [kg-cm]= 5371328.00

$b_x$  [cm]= 560.0

Recubrimiento mínimo,  $r$  [cm]= 7.50  
 Altura efectiva de la sección en el sentido Longitudinal,  $d_x$  [cm]= 42.50

$$\rho_x = \frac{bd^2f_y - \sqrt{(bd^2f_y)^2 - \frac{4M(0.59f_y^2)}{f'_c}}}{\frac{2(0.59f_y^2)}{f'_c}} \quad \rho_{min} = 0.0025$$

Cuantía Requerida,  $\rho_x =$  0.00126  
 Cuantía mínima,  $\rho_{min} =$  0.00250

$$A_s = \rho * b * d \quad A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Área de Acero Requerida,  $A_{sx}$  [cm<sup>2</sup>]= 35.40  
 Área de Acero Mínima por Temperatura,  $A_{smin}$  [cm<sup>2</sup>]= 70.00

Debido a que el área requerida de acero es menor que el área de acero mínima por temperatura, se utilizará esta última para el diseño:

Área de Acero de Refuerzo Longitudinal Mínima,  $A_{s,min,l}$  [cm<sup>2</sup>]= 70.00  
 Barra utilizada **No.** 8  
 Cantidad de barras **Cant.** 14  
 Área de Acero Suministrada,  $A_s$  [cm<sup>2</sup>]= 70.94

La separación máxima entre barras de acero, es el menor valor obtenido al comparar las siguientes tres expresiones:

$$s_{max} = menor \left\{ \begin{array}{l} b - 15 \\ N - 1 \\ 3b \\ 45 \end{array} \right.$$

Separación máxima,  $S$  [cm]= 41.92  
 Verificación Área de Acero  $A_s > A_{smin}$ , **OK**

Para verificar la resistencia a cortante se debe cumplir que:  $\phi V_n \geq V_u$   
 Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.75 para cortante

$$V_n = V_c + V_s \quad V_c = 2\sqrt{f'_c}bd \quad V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Esuerzo cortante resistente por el concreto  $V_c$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 31.62  
 Esuerzo cortante resistente por el acero  $V_s$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 12.69  
 Esfuerzo Resistente a Cortante,  $\phi V_n$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 33.24  
 Esfuerzo Cortante Actuante,  $V_u$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 11.52  
 Verificación Resistencia a Cortante  $\phi V_n \geq V_u$ , **OK**

Para verificar la resistencia a flexión se debe cumplir que:  $\phi M_n \geq M_u$   
 Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.90 para flexión.

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad a = 2.50$$

Momento Resistente,	$\phi M_n$ [kg-cm]=	11060670.67
Momento Actuante,	$M_u$ [kg-cm]=	5371328.00
Verificación Resistencia a Flexión $\phi M_n \geq M_u$		<b>OK</b>

Por lo tanto en el sentido longitudinal se debe armar con 14 varillas de 1" separadas a cada 40 cm

**Sentido transversal:**

Cortante Máximo Transversal,	$V_y$ [kg]=	182712.00
Momento Máximo Transversal,	$M_y$ [kg-cm]=	2030844.80
Base de la sección en el sentido Transversal,	$b_y$ [cm]=	690.0
Recubrimiento mínimo,	$r$ [cm]=	7.50
Altura efectiva de la sección en el sentido Transversal,	$d_x$ [cm]=	42.50

$$\rho_x = \frac{bd^2 f_y - \sqrt{(bd^2 f_y)^2 - \frac{4M(0.59 f_y^2)}{f'_c}}}{2(0.59 f_y^2) f'_c} \quad \rho_{min} = 0.0025$$

Cuantía Requerida,	$\rho_x$ =	0.00039
Cuantía mínima,	$\rho_{min}$ =	0.00250

$$A_s = \rho * b * d \quad A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Area de Acero Requerida,	$A_{sx}$ [cm <sup>2</sup> ]=	13.39
Area de Acero Mínima por Temperatura,	$A_{smin}$ [cm <sup>2</sup> ]=	86.25

Debido a que el área requerida de acero es menor que el área de acero mínima por temperatura, se utilizará esta última para el diseño:

Area de Acero de Refuerzo Transversal Mínima,	$A_{s,min,l}$ [cm <sup>2</sup> ]=	86.25
Barra utilizada	No.	8
Cantidad de barras	Cant.	18
Area de Acero Suministrada,	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]=	91.21

La separación máxima entre barras de acero, es el menor valor obtenido al comparar las siguientes tres expresiones:

$$s_{max} = menor \left\{ \begin{array}{l} \frac{b - 15}{N - 1} \\ \frac{3b}{45} \end{array} \right.$$

Separación máxima,	$S$ [cm]=	39.71
Verificación Área de Acero $A_s > A_{smin}$ ,		<b>OK</b>

Para verificar la resistencia a cortante se debe cumplir que:  $\phi V_n \geq V_u$

Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.75 para cortante

$$V_n = V_c + V_s \qquad V_c = 2\sqrt{f'_c}bd \qquad V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Esuerzo cortante resistente por el concreto	<b>Vc [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	31.62
Esuerzo cortante resistente por el acero	<b>Vs [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	13.98
Esfuerzo Resistente a Cortante,	<b><math>\phi V_n</math> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	34.20
Esfuerzo Cortante Actuante,	<b>Vu [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	9.35
Verificación Resistencia a Cortante $\phi V_n \geq V_u$ ,		<b>OK</b>

Para verificar la resistencia a flexión se debe cumplir que:  $\phi M_n \geq M_u$

Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.90 para flexión.

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \qquad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \qquad a = 2.61$$

Momento Resistente,	<b><math>\phi M_n</math> [kg-cm]=</b>	14202097.17
Momento Actuante,	<b>Mu [kg-cm]=</b>	2030844.80
Verificación Resistencia a Flexión $\phi M_n \geq M_u$		<b>OK</b>

Por lo tanto en el sentido transversal se debe armar con 18 varillas de 1" separadas a cada 35 cm

### 5.2.6 Revisión de asentamientos:

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se puede estimar utilizando la teoría de la elasticidad y la expresión propuesta por Zeevart:

$$S = \frac{q_0 \cdot I_z}{E} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu} \right) \cdot H_i$$

Donde,

$q_0$ , Esfuerzo actuante debido al Peso Propio

de la losa y el equipo,

$$q_0 \text{ [t/m}^2\text{]} = 5.60$$

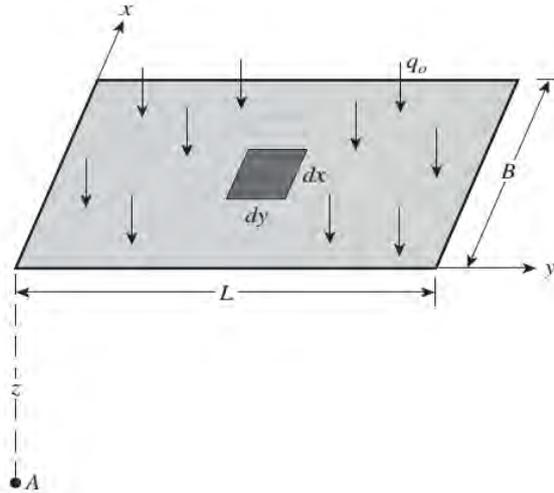
E, Módulo de Elasticidad,

$\nu$ , Relación de Poisson,

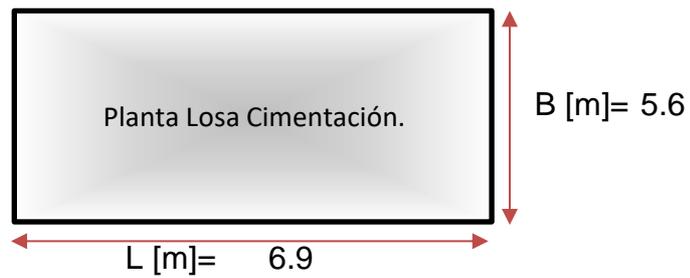
$H_i$ , Espesor del estrato,

Para el calculo del valor de influencia  $I_z$  en un punto A, se utilizará la solución de Boussinesq bajo esquina de un rectángulo con esfuerzo uniforme:

$$I_z = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{x^2 + z^2} + \frac{1}{y^2 + z^2} \right) \frac{xyz}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + \tan^{-1} \left( \frac{xy}{z\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right) \right]$$



Prof. [m].		Sub. Estrato
0.0	Arena arcillosa café con limo, grava y presencia de carbonato de calcio (Caliche). <b>S.U.C.S: SC.</b>  $\gamma = 1581 \text{ kg/m}^3$ $\Phi = 35^\circ$ $c = 0 \text{ kg/cm}^2$ $E = 4709 \text{ t/m}^2$ $\nu = 0.25$	A
1.3		B
2.6		C
4.6		D
6.6		E
8.6	Arcilla inorgánica color café claro verdoso con limo y arena. <b>S.U.C.S: CL.</b>  $\gamma = 1424 \text{ kg/m}^3$ $\Phi = 14^\circ$ $c = 1.44 \text{ kg/cm}^2$ $E = 2128 \text{ t/m}^2$ $\nu = 0.33$	F
10.6		G
12.6		H
N.A.F 14.0		
14.6		
15.0		



Estrato	Sub-estrato	Hi [m]	Prof. [m]	Iz, Esquin	E [t/m <sup>2</sup> ]	v	S [mm]
1	A	1	0.500	0.250	4709	0.25	0.247
	B	1.3	1.650	0.247	4709	0.25	0.317
2	C	2	3.300	0.229	2128	0.33	0.813
	D	2	5.300	0.192	2128	0.33	0.682
	E	2	7.300	0.153	2128	0.33	0.545
	F	2	9.300	0.121	2128	0.33	0.428
	G	2	11.300	0.095	2128	0.33	0.338
	H	2	13.300	0.076	2128	0.33	0.270
<b>Σ esquina</b>							<b>3.640</b>

Estrato	Sub-estrato	Hi [m]	Prof. [m]	Iz, Centro	E [t/m <sup>2</sup> ]	v	S [mm]
1	A	1	0.500	0.997	4709	0.25	0.987
	B	1.3	1.650	0.916	4709	0.25	1.179
2	C	2	3.300	0.666	2128	0.33	2.365
	D	2	5.300	0.413	2128	0.33	1.465
	E	2	7.300	0.266	2128	0.33	0.946
	F	2	9.300	0.179	2128	0.33	0.636
	G	2	11.300	0.128	2128	0.33	0.454
	H	2	13.300	0.095	2128	0.33	0.339
<b>Σ centro</b>							<b>8.371</b>

De acuerdo con la normatividad aplicable a esta obra (CFE ( CPTT-DIC-CIM-1 - 2014.)), el asentamiento total máximo permisible de la cimentación debe ser menor a 3 cm, por lo tanto al comparar los resultados obtenidos anteriormente se cumple con esta condición de servicio.

El detalle del armado y acomodo de la losa se encuentra en el plano **P-003** anexo.

### 5.3. Propuesta: Zapatas:

Debido al alto factor de seguridad que se obtuvo al cimentar el transformador como comúnmente se hace en la práctica profesional (utilizando una losa), se propone ahora un sistema de cimentación más económico que igualmente de seguridad y una condición de servicio apropiada al equipo.

Como se mencionó anteriormente, las cimentaciones por zapatas son un tipo de sistema de cimentación superficial que puede ser empleado en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencia a la compresión de media a alta. Una zapata es un elemento estructural que permite la transición al suelo de los esfuerzos generados por una columna o muro, es decir, la zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite.



Ejemplos de zapatas aisladas.  
Fig. 5.3.a

Se propone a continuación un conjunto de 4 zapatas como sistema de cimentación para el transformador, cada zapata tendrá un ancho  $B=1.2$  m, un largo  $L= 1.2$  m y un peralte  $e=0.5$  m.

Por especificaciones de la CFE para la construcción de cimentaciones, todas ellas deben tener un afloramiento mínimo de 0.2 m por lo que la profundidad de desplante de la losa es  $D_f=0.3$  m sobre el primer estrato.

Los materiales que se usarán para el diseño y la construcción de la cimentación del transformador, tendrán las siguientes propiedades mecánicas:

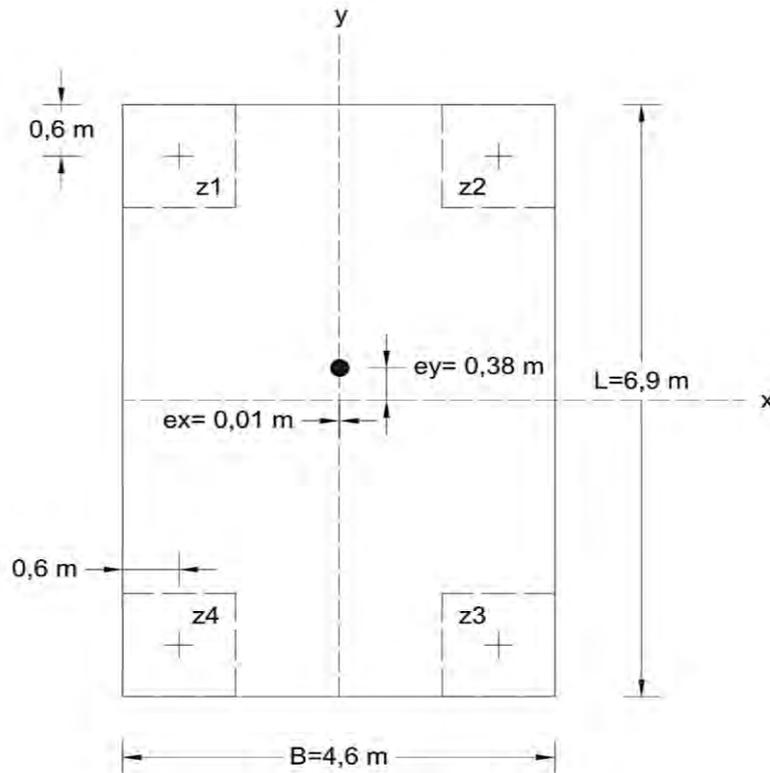
- Concreto,  $f'_c = 250$  Kg/cm<sup>2</sup>; debe cumplir con la Especificación CFE C0000-15 y NMX aplicables. Relación máxima agua-cemento = 0.45.
- Acero de refuerzo,  $f_y = 4200$  Kg/cm<sup>2</sup>; debe cumplir con las normas NMX aplicables.
- Peso unitario total del Concreto Reforzado,  $\gamma_c = 2.4$  t/m<sup>3</sup>.

Diseño Geotécnico y Estructural de zapatas:

5.3.1 Datos principales:

Geometría de cada zapata:

Ancho total,	<b>B [m] =</b>	<b>1.20</b>
Largo total,	<b>L [m]=</b>	<b>1.20</b>
Espesor,	<b>e<sub>ip</sub> [m]=</b>	<b>0.5</b>
Profundidad de desplante, (e <sub>ip</sub> -0.2)	<b>D<sub>f</sub> [m]=</b>	<b>0.3</b>



Propiedades de los Materiales

Peso Volumétrico del Concreto Reforzado,	<b>γ<sub>c</sub> [t/m<sup>3</sup>]=</b>	<b>2.40</b>
Resistencia del concreto	<b>f'<sub>c</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>250.0</b>
Resistencia del acero a fluencia	<b>f<sub>y</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>4200</b>
Coefficiente de reducción de la resistencia a flexión,	<b>φ<sub>f</sub> =</b>	<b>0.90</b>
Resistencia del acero a cortante	<b>f<sub>y</sub> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>4200</b>
Coefficiente de reducción de la resistencia a cortante,	<b>φ<sub>c</sub> =</b>	<b>0.75</b>

Características del transformador:

Equipo	<b>Transformador de potencia trifásico</b>	
Ancho total del equipo,	<b>B<sub>e</sub> =</b>	<b>5.000</b>
Largo total del equipo,	<b>L<sub>e</sub> =</b>	<b>6.300</b>
Alto total del equipo,	<b>H<sub>e</sub> =</b>	<b>5.060</b>
Peso total del equipo,	<b>W<sub>e</sub> [t]=</b>	<b>75.440</b>
Excentricidad del centro de gravedad en x,	<b>ex = x<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>0.01</b>
Excentricidad del centro de gravedad en y,	<b>ey = y<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>0.38</b>
Altura del centro de gravedad*,	<b>z<sub>CG</sub> [m]=</b>	<b>1.30</b>

Debido a la existencia de excentricidad entre el centro geométrico del equipo y el centro de carga del mismo, las cargas que recibe cada zapata son distintas, por lo tanto se analizará únicamente la que corresponda al caso más desfavorable.

Se determinará el esfuerzo sobre el centro de cada zapata debido al equipo utilizando la siguiente ecuación:

$$q = \frac{W_e}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} \bar{y} \pm \frac{M_y}{I_y} \bar{x}$$

Donde,

$W_e$ , es el peso del equipo.

$A$ , es el área de cada zapata igual a  $B \cdot L$

$M_x$ , es el momento de las cargas respecto al eje x, igual a  $W_e \cdot e_y$

$M_y$ , es el momento de las cargas respecto al eje y, igual a  $W_e \cdot e_x$

$I_x$ , es el momento de inercia respecto al eje x, igual a  $(1/12) \cdot B \cdot L^3$

$I_y$ , es el momento de inercia respecto al eje y, igual a  $(1/12) \cdot L \cdot B^3$

Área,	<b>A [m<sup>2</sup>]</b> =	31.74
Momento de las cargas respecto al eje x,	<b>M<sub>x</sub> [t-m]</b> =	28.67
Momento de las cargas respecto al eje y,	<b>M<sub>y</sub> [t-m]</b> =	0.83
Momento de inercia respecto al eje x,	<b>I<sub>x</sub> [m<sup>4</sup>]</b> =	153.30
Momento de inercia respecto al eje y,	<b>I<sub>y</sub> [m<sup>4</sup>]</b> =	100.98
Coordenadas de la zapata 1,	<b><math>\bar{x}_1</math> [m]</b> =	-1.70
	<b><math>\bar{y}_1</math> [m]</b> =	2.85
Coordenadas de la zapata 2,	<b><math>\bar{x}_2</math> [m]</b> =	1.70
	<b><math>\bar{y}_2</math> [m]</b> =	2.85
Coordenadas de la zapata 3,	<b><math>\bar{x}_3</math> [m]</b> =	1.70
	<b><math>\bar{y}_3</math> [m]</b> =	-2.85
Coordenadas de la zapata 4,	<b><math>\bar{x}_4</math> [m]</b> =	-1.70
	<b><math>\bar{y}_4</math> [m]</b> =	-2.85
Esfuerzo en la zapata 1,	<b>q<sub>1</sub> [t/m<sup>2</sup>]</b> =	2.90
Esfuerzo en la zapata 2,	<b>q<sub>2</sub> [t/m<sup>2</sup>]</b> =	2.92
Esfuerzo en la zapata 3,	<b>q<sub>3</sub> [t/m<sup>2</sup>]</b> =	1.86
Esfuerzo en la zapata 4,	<b>q<sub>4</sub> [t/m<sup>2</sup>]</b> =	1.83

Por lo tanto, el análisis y diseño se realizará únicamente en la zapata 2 ya que es en la que se presentan las condiciones más desfavorables, las zapatas restantes serán iguales a la analizada.

### Cargas Actuantes

-Las acciones permanentes son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son: la carga muerta; debida al peso propio de la zapata y al peso de los equipos instalados sobre la misma.

Con base a lo anterior, la carga muerta total por peso propio de la losa de cimentación estará dada por:  $CM = Wlp + We$

Carga Muerta

Peso propio de la zapata, $(\gamma_c * B * L * e)$	<b>PP [t]= Wz =</b>	1.87
Peso del equipo,	<b>PEC [t]= (q * Az) =</b>	4.21
Total Carga Muerta, (PP+PEC)	<b>CM [t]=</b>	6.08

-Las acciones accidentales son las que no se deben al funcionamiento normal de la estructura y que pueden alcanzar intensidades significativas sólo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría: las acciones sísmicas; los efectos del viento; las cargas de granizo; los efectos de explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios.

Carga Accidental (Sismo)

Coeficiente sísmico,	<b>c [g]=</b>	0.16
Factor de amplificación,	<b>Fa =</b>	1.50
Carga sísmica horizontal, $(W_e * c)$	<b>CS<sub>x,y</sub> [t]=</b>	0.67
Carga sísmica vertical, $((2/3) * CS_{x,y})$	<b>CS<sub>z</sub> [t]=</b>	0.45
Altura de aplicación de la carga sísmica,	<b>H<sub>Cz</sub> [m]=</b>	1.30

5.3.2 Reacciones en la base del equipo

Combinaciones de Carga

Hipótesis de Carga		Combinación de Carga
Condición Máxima	C1	1.5PP+1.5PEC+1.5CV
Condición Máxima	C2x	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSx+0.3CSz
Condición Máxima	C2y	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSy+0.3CSz
Condición Máxima	C3x	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+1.0CSx+1.0CSz
Condición Máxima	C3y	1.2PP+1.2PEC+1.2CV+0.3CSy+1.0CSz
Condición Volteo Sismo	C4x	0.9PP+0.9PEC+1.0CSx+0.3CSz
Condición Volteo Sismo	C4y	0.9PP+0.9PEC+1.0CSy+0.3CSz
Condición Volteo Sismo	C5x	0.9PP+0.9PEC+0.3CSx+1.0CSz
Condición Volteo Sismo	C5y	0.9PP+0.9PEC+0.3CSy+1.0CSz

Combinación	Factor de Carga por Tipo					
	PP	PEC	CV	CSx	CSy	CSz
<b>C1</b>	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00
<b>C2x</b>	1.20	1.20	1.20	1.00	0.00	0.30
<b>C2y</b>	1.20	1.20	1.20	0.00	1.00	0.30
<b>C3x</b>	1.20	1.20	1.20	0.30	0.00	1.00
<b>C3y</b>	1.20	1.20	1.20	0.00	0.30	1.00
<b>C4x</b>	0.90	0.90	0.00	1.00	0.00	0.30
<b>C4y</b>	0.90	0.90	0.00	0.00	1.00	0.30
<b>C5x</b>	0.90	0.90	0.00	0.30	0.00	1.00
<b>C5y</b>	0.90	0.90	0.00	0.00	0.30	1.00

Para el cálculo de las fuerzas actuantes sobre la cimentación se tiene que:

- Las fuerzas en dirección x son aquellas generadas por el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_x = CS_x$

- Las fuerzas en dirección y son aquellas generadas por el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_y = CS_y$

- Las fuerzas en dirección z son aquellas generadas por el peso de la zapata, el peso del equipo y el sismo en ese sentido, por lo tanto  $F_z = (PP + PEC + CS_z)$

- Los momentos en dirección x son aquellos generados el sismo en el sentido y , por lo tanto  $M_{xx} = (CS_y \cdot Z_{cg})$

- Los momentos en dirección y son aquellos generados por el sismo en el sentido x , por lo tanto  $M_{yy} = (CS_x \cdot Z_{cg})$

Todas las acciones mencionadas anteriormente deben multiplicarse por su respectivo factor según la combinación de carga a analizar:

Combinación	Carga a Nivel +0.00				
	Fx (ton)	Fy (ton)	Fz (ton)	Mxx1 (t-m)	Myy1 (t-m)
C1	0.00	0.00	9.11	0.00	0.00
C2x	0.67	0.00	7.43	0.00	0.88
C2y	0.00	0.67	7.43	0.88	0.00
C3x	0.20	0.00	7.74	0.00	0.26
C3y	0.00	0.20	7.74	0.26	0.00
C4x	0.67	0.00	5.60	0.00	0.88
C4y	0.00	0.67	5.60	0.88	0.00
C5x	0.20	0.00	5.92	0.00	0.26
C5y	0.00	0.20	5.92	0.26	0.00

### 5.3.3 Diseño geotécnico:

El Diseño Geotécnico de la zapata, consiste en la revisión de Estabilidad contra los Mecanismos de Falla que se pueden presentar durante la vida útil de dicha estructura. Luego entonces, la zapata se revisará ante Capacidad de Carga y Volteo.

### Revisión por capacidad de carga:

Basado en la especificación CPTT-DIC-CIM-1, para la revisión del estado límite de falla se debe verificar que:

$$\frac{\sum Q \cdot F_c}{A'} \leq Q_R F_R$$

Donde,

- $\Sigma QFc$ , es la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectada por su respectivo factor de carga.

- $A'$ , es el área reducida de la zapata.

- $Q_RFc$ , es la capacidad de carga multiplicada por el factor de reducción.

Factor de Sobrecarga,	$F_C =$	1.10
Factor de Reducción de Capacidad,	$F_R =$	0.30

Ecuación general de Meyerhof para capacidad de carga en cimientos rectangulares:

$$Q_R = cN_c \left[ 1 + 0.3 \frac{B}{L} \right] + 0.4\gamma_t B N_\gamma + \gamma_t D_f N_q$$

Suelos Cohesivos:

$$Q_R = cN_c \left[ 1 + 0.3 \frac{B}{L} \right] + \gamma_t D_f$$

Suelos Friccionantes:

$$Q_R = 0.4\gamma_t B N_\gamma + \gamma_t D_f N_q$$

Los factores de capacidad de carga anteriores ( $N_c$ ,  $N_\gamma$  y  $N_q$ , mismos que dependen del ángulo de fricción interna del suelo de cimentación), se obtienen de gráficas o del estudio de mecánica de suelos:

Propiedades del suelo (Obtenidas de la mecánica de suelos en el SM-06):

Tipo de Suelo,		Friccionante
Peso volumétrico del Suelo,	$\gamma_s$ [t/m <sup>3</sup> ]=	1.58
Cohesión,	$c$ [t/m <sup>2</sup> ]=	0.00
Ángulo de Fricción Interna del Suelo,	$\phi^{o'}$ =	35.00
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Cohesión,	$N_c$ =	57.75
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Peso Propio,	$N_\gamma$ =	45.41
Factor Capacidad de Carga del Suelo por Sobrecarga,	$N_q$ =	41.44

Se sabe que el Momento puede ser expresado como una fuerza resultante que multiplica por una distancia, en este caso dicha distancia es la excentricidad:

$$e_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{Fz}$$

Cuando se presenta una fuerza excéntrica a cualquiera de los ejes de la cimentación es necesario hacer un ajuste de las dimensiones de la cimentación:

$$B' = B - 2e$$

$$L' = L - 2e$$

$$A' = L' \times B'$$

Donde,

B', es el ancho efectivo.

L', es el largo efectivo.

A' es el área efectiva.

Como se mencionó anteriormente el momento calculado en a partir de las combinaciones de carga actúa sobre la cimentación, para el cálculo del momento que se genera bajo la cimentación basta con agregar al momento antes calculado el efecto de las fuerzas Fx y Fy multiplicadas por la profundidad de desplante Df (brazo de palanca).

$$M_{x,x2} = M_{x,x1} + (F_y * D_f)$$

$$M_{y,y2} = M_{y,y1} + (F_x * D_f)$$

Comb	Fz (ton)	Mxx2 (t-m)	Myy2 (t-m)	Excentricidad		Área Efectiva	
				ex (m)	ey (m)	B' (m)	L' (m)
C1	9.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20
C2x	7.43	0.00	1.08	0.15	0.00	0.91	1.20
C2y	7.43	1.08	0.00	0.00	0.15	1.20	0.91
C3x	7.74	0.00	0.32	0.04	0.00	1.12	1.20
C3y	7.74	0.32	0.00	0.00	0.04	1.20	1.12
C4x	5.60	0.00	1.08	0.19	0.00	0.82	1.20
C4y	5.60	1.08	0.00	0.00	0.19	1.20	0.82
C5x	5.92	0.00	0.32	0.05	0.00	1.09	1.20
C5y	5.92	0.32	0.00	0.00	0.05	1.20	1.09

Comb	A' (m <sup>2</sup> )	Fz (ton)	Esfuerzo		
			Actuante (Fz/A') F <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Resistente F <sub>R</sub> Q <sub>R</sub> (t/m <sup>2</sup> )	
C1	1.44	9.11	6.96	16.23	Cumple
C2x	1.09	7.43	7.48	13.73	Cumple
C2y	1.09	7.43	7.48	16.23	Cumple
C3x	1.34	7.74	6.36	15.51	Cumple
C3y	1.34	7.74	6.36	16.23	Cumple
C4x	0.98	5.60	6.30	12.92	Cumple
C4y	0.98	5.60	6.30	16.23	Cumple
C5x	1.31	5.92	4.97	15.29	Cumple
C5y	1.31	5.92	4.97	16.23	Cumple

Por lo tanto, la cimentación propuesta es aceptable por capacidad de carga.

### 5.3.4 Revisión por volteo:

Para asegurar que la zapata no presenta problemas debidos al volteo basta con que se cumpla la siguiente expresión:

$$FS_v = \frac{Mv}{Me} > 1$$

Donde,

$Mv$ , es el momento de volteo actuante, calculado anteriormente.

$Me$ , el momento estabilizante o resistente debido al peso propio de la zapata

$$Mv = M2 \qquad Me_x = PP * \frac{B'}{2} \qquad Me_y = PP * \frac{L'}{2}$$

Comb	Momento Volteo		Momento Estabilizante	
	$Mv_{xx}$ (t-m)	$Mv_{yy}$ (t-m)	$Me_{xx}$ (t-m)	$Me_{yy}$ (t-m)
C1	0.00	0.00	1.12	1.12
C2x	0.00	1.08	0.85	1.12
C2y	1.08	0.00	1.12	0.85
C3x	0.00	0.32	1.04	1.12
C3y	0.32	0.00	1.12	1.04
C4x	0.00	1.08	0.76	1.12
C4y	1.08	0.00	1.12	0.76
C5x	0.00	0.32	1.02	1.12
C5y	0.32	0.00	1.12	1.02

Comb	Factor Seguridad			
	$FSv_x$		$FSv_y$	
C1	>10	Cumple	>10	Cumple
C2x	>10	Cumple	1.04	Cumple
C2y	1.04	Cumple	>10	Cumple
C3x	>10	Cumple	3.46	Cumple
C3y	3.46	Cumple	>10	Cumple
C4x	>10	Cumple	1.04	Cumple
C4y	1.04	Cumple	>10	Cumple
C5x	>10	Cumple	3.46	Cumple
C5y	3.46	Cumple	>10	Cumple

### 5.3.5 Diseño estructural:

El diseño de la zapata que se muestra a contiución se realiza con base en el Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318RS-14) del American Concrete Institute:

#### Sentido longitudinal:

Cortante Máximo Longitudinal,  
Momento Máximo Longitudinal,  
Base de la sección en el sentido Longitudinal,

$V_x$  [kg]= 9114.59  
 $M_x$  [kg-cm]= 107779.99  
 $b_x$  [cm]= 120.0

Recubrimiento mínimo,  $r$  [cm]= 7.50  
 Altura efectiva de la sección en el sentido Longitudinal,  $d_x$  [cm]= 42.50

$$\rho_x = \frac{bd^2f_y - \sqrt{(bd^2f_y)^2 - \frac{4M(0.59f_y^2)}{f'_c}}}{\frac{2(0.59f_y^2)}{f'_c}} \quad \rho_{min} = 0.0025$$

Cuantía Requerida,  $\rho_x =$  0.00012  
 Cuantía mínima,  $\rho_{min} =$  0.00250

$$A_s = \rho * b * d \quad A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Área de Acero Requerida,  $A_{sx}$  [cm<sup>2</sup>]= 0.77  
 Área de Acero Mínima por Temperatura,  $A_{smin}$  [cm<sup>2</sup>]= 16.20

Debido a que el área requerida de acero es menor que el área de acero mínima por temperatura, se utilizará esta última para el diseño:

Área de Acero de Refuerzo Longitudinal Mínima,  $A_{s,min,l}$  [cm<sup>2</sup>]= 16.20  
 Barra utilizada **No.** 6  
 Cantidad de barras **Cant.** 6  
 Área de Acero Suministrada,  $A_s$  [cm<sup>2</sup>]= 17.10

La separación máxima entre barras de acero, es el menor valor obtenido al comparar las siguientes tres expresiones:

$$s_{max} = menor \left\{ \begin{array}{l} b - 15 \\ N - 1 \\ 3b \\ 45 \end{array} \right.$$

Separación máxima,  $S$  [cm]= 21.00  
 Verificación Área de Acero  $A_s > A_{smin}$ , **OK**

Para verificar la resistencia a cortante se debe cumplir que:  $\phi V_n \geq V_u$   
 Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.75 para cortante

$$V_n = V_c + V_s \quad V_c = 2\sqrt{f'_c}bd \quad V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Esuerzo cortante resistente por el concreto  $V_c$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 31.62  
 Esuerzo cortante resistente por el acero  $V_s$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 28.50  
 Esfuerzo Resistente a Cortante,  $\phi V_n$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 45.09  
 Esfuerzo Cortante Actuante,  $V_u$  [kg/cm<sup>2</sup>]= 2.68  
 Verificación Resistencia a Cortante  $\phi V_n \geq V_u$ , **OK**

Para verificar la resistencia a flexión se debe cumplir que:  $\phi M_n \geq M_u$   
 Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.90 para flexión.

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \quad a = 2.82$$

Momento Resistente,	$\phi M_n$ [kg-cm]=	2656296.10
Momento Actuante,	$M_u$ [kg-cm]=	107779.99
Verificación Resistencia a Flexión $\phi M_n \geq M_u$		<b>OK</b>

Por lo tanto en el sentido longitudinal se debe armar con 6 varillas de (3/4)" separadas a cada 21 cm

**Sentido transversal:**

Cortante Máximo Transversal,	$V_y$ [kg]=	9114.59
Momento Máximo Transversal,	$M_y$ [kg-cm]=	107779.99
Base de la sección en el sentido Transversal,	$b_y$ [cm]=	120.0
Recubrimiento mínimo,	$r$ [cm]=	7.50
Altura efectiva de la sección en el sentido Transversal,	$d_x$ [cm]=	42.50

$$\rho_x = \frac{bd^2 f_y - \sqrt{(bd^2 f_y)^2 - \frac{4M(0.59 f_y^2)}{f'_c}}}{2(0.59 f_y^2) f'_c} \quad \rho_{min} = 0.0025$$

Cuantía Requerida,	$\rho_x$ =	0.00012
Cuantía mínima,	$\rho_{min}$ =	0.00250

$$A_s = \rho * b * d \quad A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Area de Acero Requerida,	$A_{Sx}$ [cm <sup>2</sup> ]=	0.77
Area de Acero Mínima por Temperatura,	$A_{Smin}$ [cm <sup>2</sup> ]=	16.20

Debido a que el área requerida de acero es menor que el área de acero mínima por temperatura, se utilizará esta última para el diseño:

Area de Acero de Refuerzo Transversal Mínima,	$A_{s,min,l}$ [cm <sup>2</sup> ]=	16.20
Barra utilizada	No.	6
Cantidad de barras	Cant.	6
Area de Acero Suministrada,	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]=	17.10

La separación máxima entre barras de acero, es el menor valor obtenido al comparar las siguientes tres expresiones:

$$s_{max} = menor \left\{ \begin{array}{l} b - 15 \\ N - 1 \\ 3b \\ 45 \end{array} \right.$$

Separación máxima,	$S$ [cm]=	21.00
Verificación Área de Acero $A_s > A_{smin}$ ,		<b>OK</b>

Para verificar la resistencia a cortante se debe cumplir que:  $\phi V_n \geq V_u$

Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.75 para cortante

$$V_n = V_c + V_s \qquad V_c = 2\sqrt{f'_c}bd \qquad V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Esuerzo cortante resistente por el concreto	<b>Vc [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	31.62
Esuerzo cortante resistente por el acero	<b>Vs [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	28.50
Esfuerzo Resistente a Cortante,	<b><math>\phi V_n</math> [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	45.09
Esfuerzo Cortante Actuante,	<b>Vu [kg/cm<sup>2</sup>]=</b>	2.68
Verificación Resistencia a Cortante $\phi V_n \geq V_u$ ,		<b>OK</b>

Para verificar la resistencia a flexión se debe cumplir que:  $\phi M_n \geq M_u$

Donde,

$\phi$ , factor de reducción de resistencia igual a 0.90 para flexión.

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \qquad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \qquad a = 2.82$$

Momento Resistente,	<b><math>\phi M_n</math> [kg-cm]=</b>	2656296.10
Momento Actuante,	<b>Mu [kg-cm]=</b>	107779.99
Verificación Resistencia a Flexión $\phi M_n \geq M_u$		<b>OK</b>

*Por lo tanto en el sentido transversal se debe armar con 6 varillas de (3/4)" separadas a cada 21 cm*

### 5.3.6 Revisión de asentamientos:

El asentamiento elástico de una cimentación superficial se puede estimar utilizando la teoría de la elasticidad y la expresión propuesta por Zeevart:

$$S = \frac{q_0 \cdot I_z}{E} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu} \right) \cdot H_i$$

Donde,

$q_0$ , Esfuerzo actuante debido al Peso Propio

de la zapata y el equipo,

$$q_0 \text{ [t/m}^2\text{]} = 7.48$$

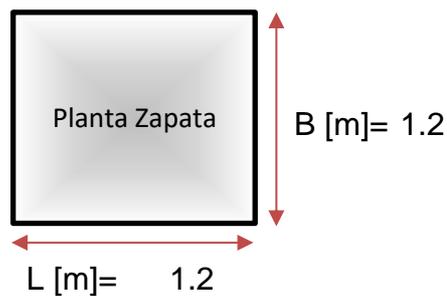
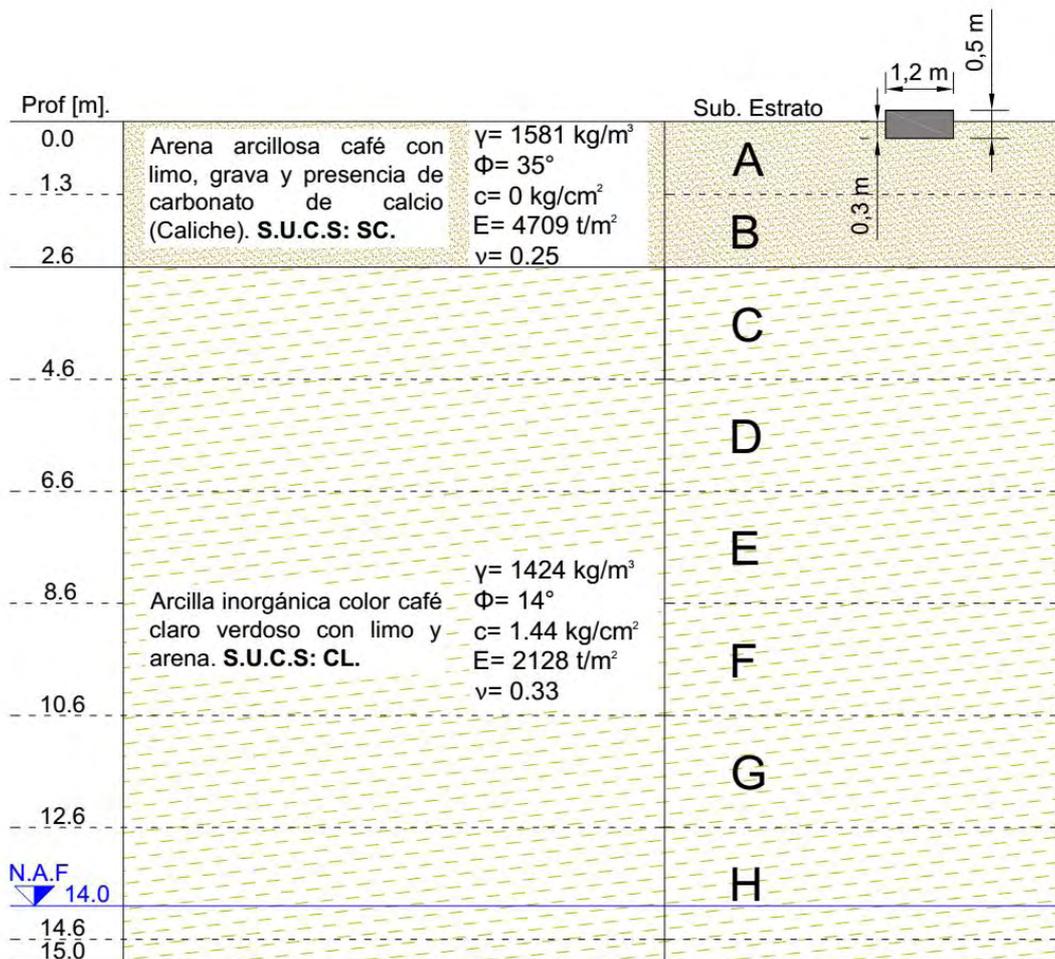
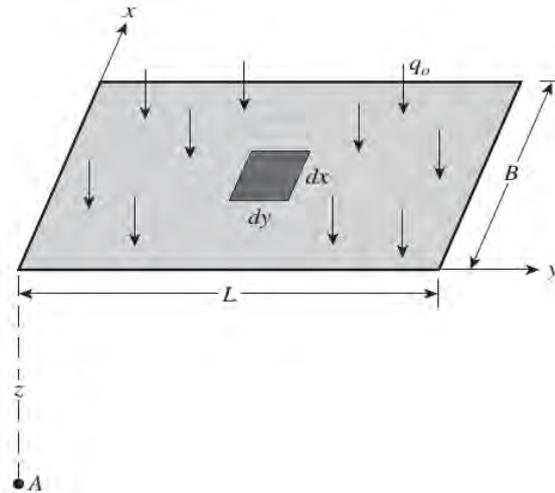
E, Módulo de Elasticidad,

$\nu$ , Relación de Poisson,

$H_i$ , Espesor del estrato,

Para el calculo del valor de influencia  $I_z$  en un punto A, se utilizará la solución de Boussinesq bajo esquina de un rectángulo con esfuerzo uniforme:

$$I_z = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{x^2 + z^2} + \frac{1}{y^2 + z^2} \right) \frac{xyz}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + \tan^{-1} \left( \frac{xy}{z\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right) \right]$$



Estrato	Sub-estrato	Hi [m]	Prof. [m]	Iz, Esquin	E [t/m <sup>2</sup> ]	v	S [mm]
1	A	1	0.500	0.239	4709	0.25	0.316
	B	1.3	1.650	0.133	4709	0.25	0.229
2	C	2	3.300	0.052	2128	0.33	0.245
	D	2	5.300	0.023	2128	0.33	0.107
	E	2	7.300	0.012	2128	0.33	0.059
<b>Σ esquina</b>							<b>0.956</b>

Estrato	Sub-estrato	Hi [m]	Prof. [m]	Iz, Centro	E [t/m <sup>2</sup> ]	v	S [mm]
1	A	1	0.500	0.783	4709	0.25	1.037
	B	1.3	1.650	0.207	4709	0.25	0.356
2	C	2	3.300	0.060	2128	0.33	0.284
	D	2	5.300	0.024	2128	0.33	0.114
	E	2	7.300	0.013	2128	0.33	0.061
<b>Σ centro</b>							<b>1.852</b>

De acuerdo con la normatividad aplicable a esta obra (CFE ( CPTT-DIC-CIM-1 - 2014.)), el asentamiento total máximo permisible de la cimentación debe ser menor a 3 cm, por lo tanto al comparar los resultados obtenidos anteriormente se cumple con esta condición de servicio.

El detalle del armado y acomodo de la losa se encuentra en el plano **P-004** anexo.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones:

---

La energía eléctrica es sin duda el recurso energético más utilizado en el mundo. La electricidad es el pilar del desarrollo industrial de todos los países, parte importante del desarrollo social, y elemento esencial para el desarrollo tecnológico.

Es imposible para nuestra forma de vida actual sobrevivir sin electricidad; pues, por obvio que resulte, la energía eléctrica está presente casi en todo, fábricas, oficinas, seguridad, entretenimiento, iluminación, etc., nos damos cuenta de ello sólo cuando carecemos del servicio, no reflexionamos sobre su importancia.

Es por ello que los gobiernos de cada país invierten grandes cantidades de recursos al mejoramiento, mantenimiento y construcción de centrales de generación, líneas de transmisión y demás instalaciones que permitan a los habitantes contar con un servicio eléctrico continuo, eficiente y que cumpla con sus necesidades.

Nuestro deber como ingenieros es satisfacer las necesidades en infraestructura eléctrica y de todo tipo que se demandan día a día, siendo fieles al principio que rige nuestra profesión: dar solución a los problemas utilizando nuestro conocimiento en las distintas ciencias con un manejo eficiente y productivo de los recursos con los que contamos en beneficio de la sociedad.

En este caso el problema de dar un sustento o estabilidad a un transformador trifásico se soluciona construyendo una cimentación en la base del equipo que asegure un correcto funcionamiento durante toda su vida útil.

Sobre el programa de exploración y muestreo realizados por el laboratorio subcontratado:

- En la realización de los PCA se encontró material tipo IIA que por sus características de dureza no fue posible excavar, por lo tanto no se obtuvieron muestras cúbicas inalteradas que permitan conocer los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo mediante ensayos de laboratorio.
- Sobre los SPT (prof= 15m), estas pruebas fueron de utilidad para conocer la estratigrafía del sitio mediante el conteo del número de golpes necesarios para penetrar el suelo y la obtención de pequeñas muestras alteradas del suelo, con las cuales se pueden obtener características importantes del sitio como lo es el contenido de agua y el peso volumétrico de los materiales que allí se encuentra.

- En este caso, no fue posible la obtención de muestras inalteradas ya que se utilizó un tubo shellby o de pared delgada en suelos duros donde este muestreador no es aplicable; se debió haber utilizado un tubo dentado simple o un muestreador con barril Denison ya que estos permiten la obtención de muestras inalteradas este tipo de suelos.
- Sobre el presiómetro de Menard, como marca la especificación para estudios geotécnicos de detalle en subestaciones eléctricas (CPTT-DIC-EGD-1) este tipo de prueba in situ efectivamente es aplicable a suelos resistentes y permite obtener parámetros de deformabilidad lateral del suelo, que son de utilidad para posteriormente obtener valores aproximados de deformabilidad vertical y resistencia al corte.

Es común que en la práctica este problema de cimentación en suelos competentes como los que se presentaron en el predio de la subestación se solucione construyendo una losa de cimentación que como vimos en la primera propuesta es de dimensiones y espesor considerables. Esta losa de cimentación claramente cumple con las condiciones de seguridad y servicio que las normas y especificaciones mexicanas exigen como se demostró durante el diseño y revisión de la misma.

Ya que es posible que la primera propuesta se considere sobredimensionada o excesiva se realizó una segunda propuesta de sistema de cimentación compuesto por 4 zapatas asiladas cuadradas de 1.2 m de largo, este conjunto de zapatas cumplió igualmente con los factores de seguridad por capacidad de carga y volteo mínimos que se exigen y con los asentamientos máximos permisibles para condiciones adecuadas de servicio.

Al realizar una comparativa entre los recursos necesarios para construir ambas cimentaciones se tiene que:

**TABLA 5: Recursos necesarios para construcción.**

Concepto	Propuesta 1	>	Propuesta 2
	Losa		4 Zapatas
Concreto [m <sup>3</sup> ]	19.32	>	2.88
Acero [kg]	806.34	>	128.87
Cimbra [m <sup>2</sup> ]	12.50	>	2.40
Excavación [m <sup>3</sup> ]	11.59	>	1.73

Claramente los recursos necesarios para llevar a cabo la primera propuesta (losa) son mayores que los de la segunda propuesta, esta diferencia principalmente de

volúmenes y pesos se ve reflejada en el costo final, por lo que es más económico cimentar el transformador en zapatas que en losa.

Con base en lo dicho anteriormente y a lo largo de todo el escrito se recomienda implementar la propuesta a base de zapatas para cimentar el transformador siguiendo las recomendaciones descritas en el plano de construcción y cumpliendo con los estándares de calidad de los materiales necesarios para llevar a cabo la obra.

El análisis y diseño de la cimentación se deberá realizar con base al modelo geotécnico obtenido por el estudio de mecánica de suelos para cada sitio.

## 7. Referencias y bibliografía:

---

- Acevedo, A. M. (s.f.). *World Energy Council*. Obtenido de Predicción de la Demanda Futura de Energía Eléctrica en México:  
<http://www.wecmex.org.mx/presentaciones/5CongresoAnual/Prediccion%20de%20la%20Demanda%20Futura%20de%20Energia%20Electrica%20en%20Mexico.pdf>
- AISC. (2005). *Steel Construction Manual*. EEUU.
- Alamzán, L. S. (2012). *Diseño de cimentación de Torre Reforma*.
- Amateos. (29 de Diciembre de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de Energía eléctrica en México:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_el%C3%A9ctrica\\_en\\_M%C3%A9xico](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica_en_M%C3%A9xico)
- Anónimo. (3 de Septiembre de 2013). *Buscador de Arquitectura*. Obtenido de Las fuentes de energía de México.:  
[http://noticias.arq.com.mx/Detalles/15875.html#.WJjA7\\_nhCM8](http://noticias.arq.com.mx/Detalles/15875.html#.WJjA7_nhCM8)
- Anónimo. (Febrero de 2014). *Lineamientos Técnicos para Factibilidad, SIAPA*. Obtenido de GEOTECNIA:  
[http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_7.\\_geotecnia.pdf](http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_7._geotecnia.pdf)
- Aragón, G. d. (s.f.). *DEMO E-DUCATIVA CATEDU*. Obtenido de El transformador trifásico y su conexionado: [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/14\\_el\\_transformador\\_trifsico\\_y\\_su\\_conexionado.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/14_el_transformador_trifsico_y_su_conexionado.html)

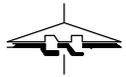
- Aragón, G. d. (s.f.). *DEMO E-DUCATIVA CATEDU*. Obtenido de Tipos de transformadores: [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/15\\_tipos\\_de\\_transformadores.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/15_tipos_de_transformadores.html)
- Badillo, J. (2014). *Mecánica de Suelos Tomo 2*. Ciudad de México: Limusa.
- Bochero, J. (Abril de 2009). *Cooperación Universitaria de la Costa*. Obtenido de Exploración y Muestreo del Suelo: <https://es.scribd.com/doc/32089839/Exploracion-y-Muestreo-de-Suelos#scribd>
- Bosch, D. (s.f.). *GEOTECNIA - UNIDAD IV*. Obtenido de Identificación y Clasificación de Suelos: <http://ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/u-iv-b.pdf>
- Carla Olivera, A. C. (s.f.). *MECANICA DE SUELOS 1 UNITEC*. Obtenido de ENSAYO DE CORTE DIRECTO: <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-de-corte-directo/>
- Carmona-Álvarez, J. E. (18 de Junio de 2015). *Tecno Lógicas*. Obtenido de Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n35/v18n35a09.pdf>
- CFE. (10 de Noviembre de 2014). *Comisión Federal de Electricidad*. Obtenido de CFE y la electricidad en México: [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/CFE\\_y\\_la\\_electricidad\\_en\\_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx)
- CFE. (2015). *Comisión Federal de Electricidad*. Obtenido de Informe Anual 2015: <http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/informacionareguladores/Documents/Informe%20Anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf>
- CivilesPro. (22 de Noviembre de 2009). *CivilesPro*. Obtenido de Exploración y Muestreo de Suelos.: [http://civilespro.blogspot.mx/2009/10/exploracion-y-muestreo-de-suelos\\_784.html](http://civilespro.blogspot.mx/2009/10/exploracion-y-muestreo-de-suelos_784.html)
- COVITUR. (1987). *Manual de diseño geotécnico*. Ciudad de México.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Ciudad de México: CENGAGE Learning.

- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Ciudad de México: CENGAGE Learning.
- Díaz, C. P. (4 de Febrero de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de México: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A9xico&action=info>
- Digitales, T. (s.f.). *Capítulo 1*. Obtenido de Historia de la Industria Eléctrica en México: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12108/Capitulo1.pdf>
- Energía, S. d. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva\\_del\\_Sector\\_Electrico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva_del_Sector_Electrico.pdf)
- Escamilla, V. M. (11 de Septiembre de 2014). *Forbes México*. Obtenido de Energía, ¿la próxima crisis en la Ciudad de México?: <http://www.forbes.com.mx/energia-la-proxima-tesis-en-la-ciudad-de-mexico/#gs.lx1mYhs>
- Federal, G. d. (2004). *Gaceta Oficial del Distrito Federal Tomo 1 y Tomo 2*. Ciudad de México.
- Franch, J. (23 de Diciembre de 2013). *Estudios Geotécnicos*. Obtenido de Correlaciones geotécnicas (3) y ensayos “in situ”: el SPT y el ángulo de rozamiento interno: <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/spt-angulo-rozamiento-interno/>
- Francisco. (19 de Enero de 2017). *Wikipedia*. Obtenido de Transformador: [https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador#Principio\\_de\\_funcionamiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador#Principio_de_funcionamiento)
- Gómez, B. (s.f.). *Procedimientos de exploración y muestreo de suelos y rocas*. Obtenido de Etapas de los trabajos de campo: <http://civionica.net/images/NotasCimentaciones053.pdf>
- González, E. T. (2001). *Ingeniería de cimentaciones*. Ciudad de México: TGC Geotecnia.
- ingenio12000. (2012 de Octubre de 2002). *Monografías.com*. Obtenido de Transformador de distribución: <http://www.monografias.com/trabajos11/tradi/tradi.shtml>
- Iraissalazar. (28 de Octubre de 2012). *Slideshare*. Obtenido de Transformadores de distribución: <http://es.slideshare.net/iraisalazar/transformadores-de-distribucion>

- Lemozy, N. A. (s.f.). *Universidad tecnológica nacional de Buenos Aires*. Obtenido de Transformadores Trifásicos: [https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maquinas\\_electricas\\_1/apuntes/11.pdf](https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maquinas_electricas_1/apuntes/11.pdf)
- Luna, E. O. (2 de Abril de 2014). *El Ombligo de la Luna*. Obtenido de Historia de la energía eléctrica en México: <http://www.elombligodelaluna.com.mx/energia-electrica>
- Lutenegger, A. (30 de Junio de 1995). *University of Massachusetts*. Obtenido de Settlement of Shallow Foundations on Granular Soils: <http://che.umass.edu/sites/default/files/cee/Geotech/Settlement-of-Shallow-Foundations-on-Granular-Soils.pdf>
- Miranda, C. G. (24 de Junio de 2015). *Twenergy*. Obtenido de ¿QUÉ SON LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS Y PARA QUÉ SIRVEN?: <https://twenergy.com/co/a/que-son-las-subestaciones-electricas-y-para-que-sirven-1759>
- Montenegro-Fragoso, R.-G. y. (Diciembre de 2012). *Tecnología y Ciencias del Agua, vol. III*. Obtenido de La generación de energía eléctrica en México: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n4/v3n4a12.pdf>
- Montoya, J. (Agosto de 2010). *Universidad de los Andes*. Obtenido de Cimentaciones: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/cimentaciones-y-fundaciones.pdf>
- Morales, S. E. (2013). *Análisis y diseño de cimentaciones: Una comparación de prácticas*. Ciudad de México.
- Mundial, B. (s.f.). *Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)*. Obtenido de México: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2013&locations=MX&start=2013&view=map&year=2012>
- Mundial, B. (s.f.). *World Development Indicators*. Obtenido de Power and communications: <http://wdi.worldbank.org/table/5.11>
- Perez, J. G. (Abril de 2011). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de Descripción y función del equipo de una subestación eléctrica: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29582/1/MarPerezVidalLopez.pdf>

- Pucha, A. (29 de Junio de 2012). *Monografías.com*. Obtenido de Transformadores trifásicos: <http://www.monografias.com/trabajos93/de-transformadores-trifasicos/de-transformadores-trifasicos.shtml>
- Ramírez., F. T. (15 de Mayo de 2015). *2015: Año internacional de la luz - UNAM*. Obtenido de La historia de la electricidad en México, una asignatura pendiente: <http://www.luz2015.unam.mx/leer/120/la-historia-de-la-electricidad-en-mexico-una-asignatura-pendiente>
- Rodríguez, L. B. (2011). *Ingeniería Geotécnica Forense; Alfunos Casos*.
- SMMS. (2002). *Manual de Construcción Geotécnica Tomo 1 y 2*. Ciudad de México: SMMS.
- Tirado, S. (Octubre de 2009). *Departamento de electricidad*. Obtenido de Subestaciones Eléctricas: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/subestaciones-electricas/subestaciones-electricas.pdf>
- Turmero, P. (2 de Noviembre de 2015). *Monografías.com*. Obtenido de Transformadores de potencia: <http://www.monografias.com/trabajos104/transformadores-potencia/transformadores-potencia.shtml>
- Villa, E. S. (2010). Exploración de Suelos. *XX Conferencia Nabor Carrillo* (pág. 241). Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica.

**ANEXOS**

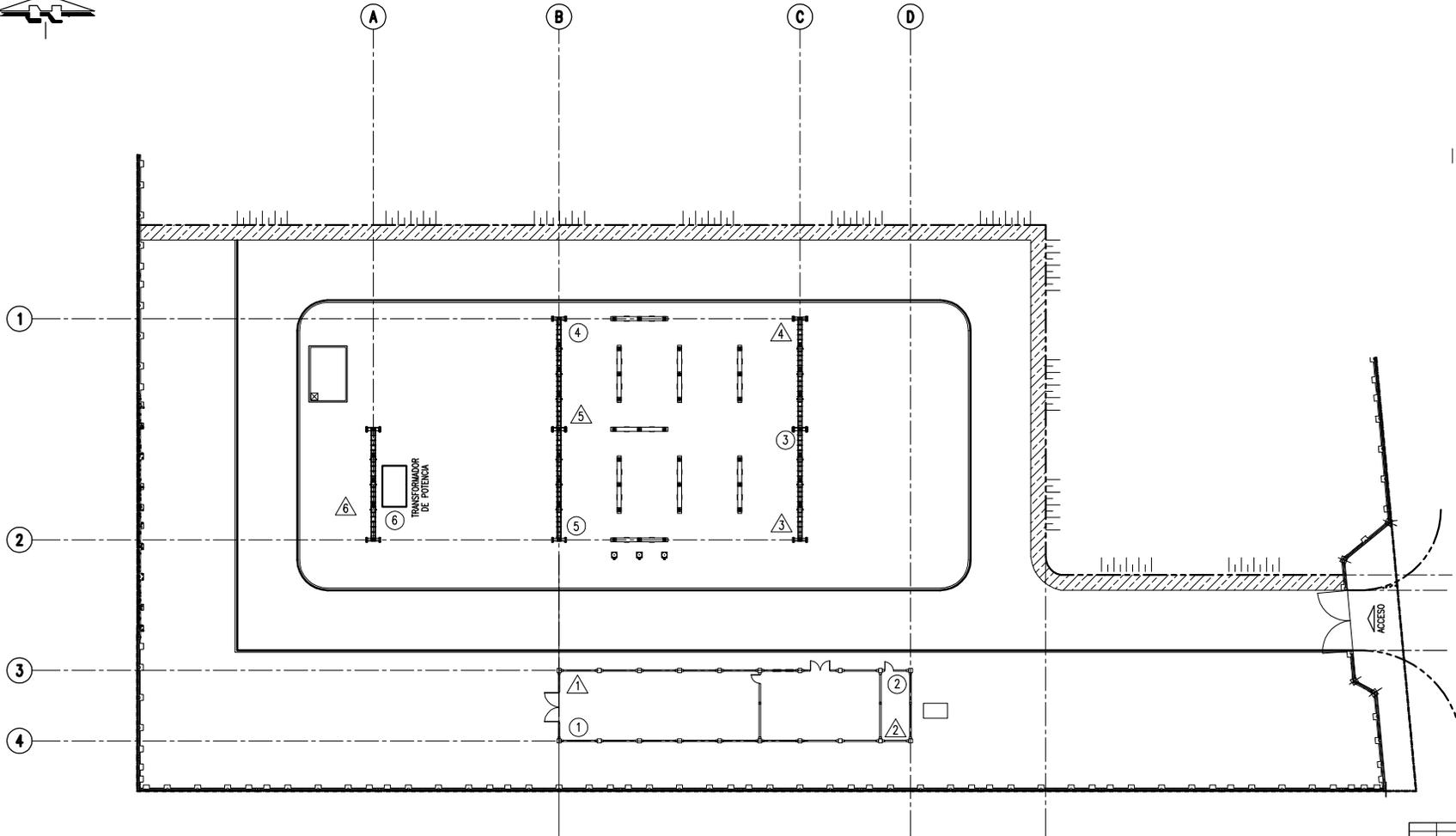


**SIMBOLOGIA**

SONDEO MIXTO A 15 METROS. (SC-#)

POZO A CIELO ABIERTO (PCA-#)

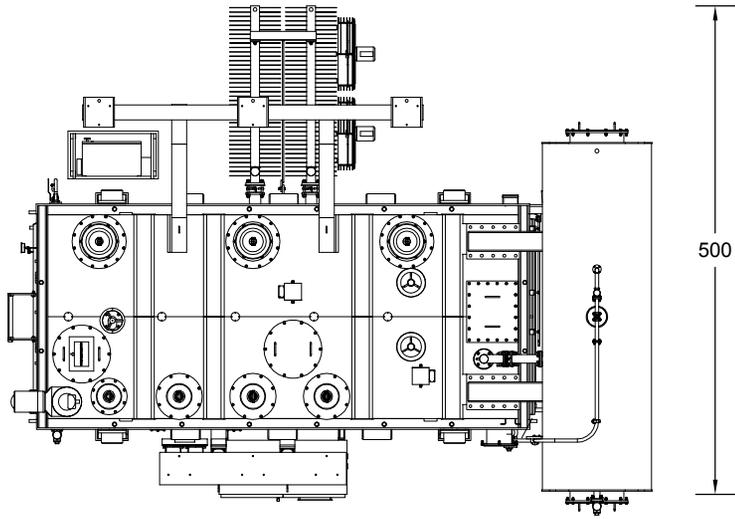
TALUD



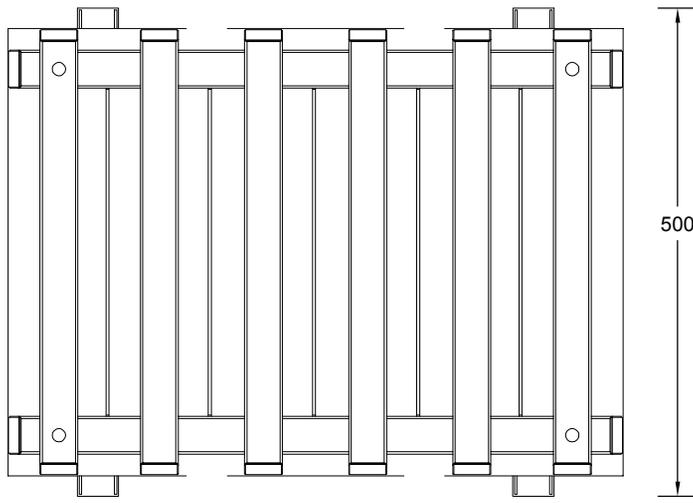
SONDEO	SISTEMA DE COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN msnm
	X	Y	
SC-01	482770	2630713	305
PCA-01	482770	2630707	305
SC-02	482802	2630705	304
PCA-02	482802	2630712	304
SC-03	482791	2630729	304
PCA-03	482791	2630737	304
SC-04	482791	2630748	304
PCA-04	482771	2630746	304
SC-05	482771	2630738	305
PCA-05	482771	2630728	305
SC-06	482745	2630720	306
PCA-06	482751	2630725	306

**LOCALIZACION DE SONDEOS**

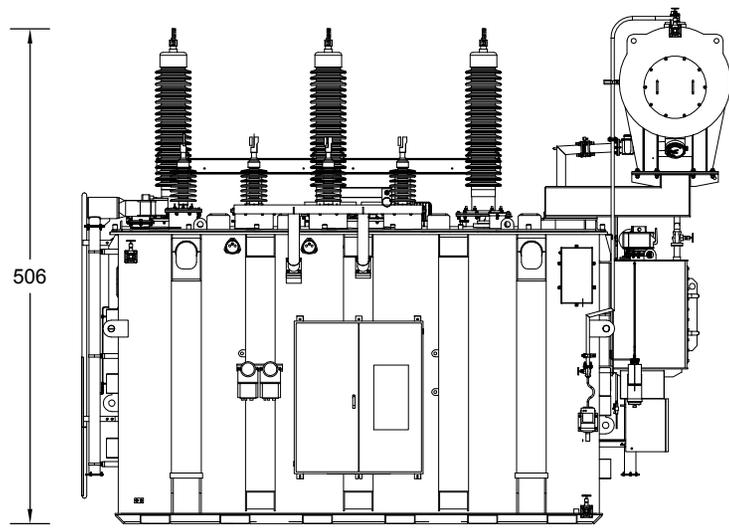
APROBADO PARA CONSTRUCCION		D. A. H. D.	J. L. L. J. R.	J. L. L. J. R.	FEB 2017
No.	DESCRIPCION	REVISO	VERIFICADO	VALIDO	FECHA
<b>CAMBIOS</b>					
No. de CLASIFICACION	CLASIFICACION	TITULO			
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b>					
No. de plano		D. T.		Design.	
P-001		A1		Rev. 0	
<b>HERRERA OROZCO DIEGO ALEJANDRO</b>					
<b>ESPECIALIZACION EN INGENIERIA GEOTECNICA</b>					
<b>POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b>					
PROYECTO: SUBSTACION ELECTRICA - ESTADO DE TAMAULIPAS					
TITULO : <b>LOCALIZACION DE SONDEOS</b>					
RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DEBIDO:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
REVISO:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
VERIFICADO:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
VALIDO:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
NUMERO DE OBRA	ESCALA	INSTRUMENTOS EN USO	HOJA		
	1:500	estacion	1 DE 1		



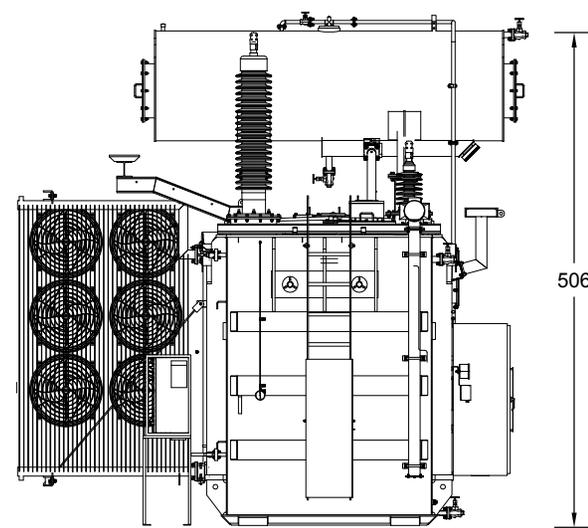
VISTA PLANTA SUPERIOR



VISTA PLANTA INFERIOR



VISTA B-B

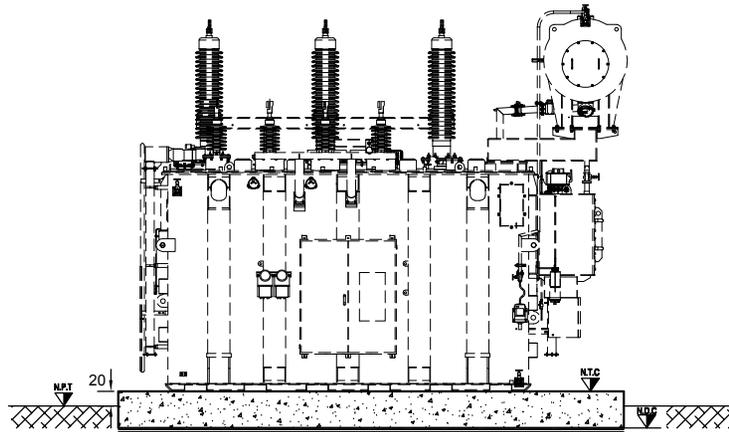


VISTA A-A

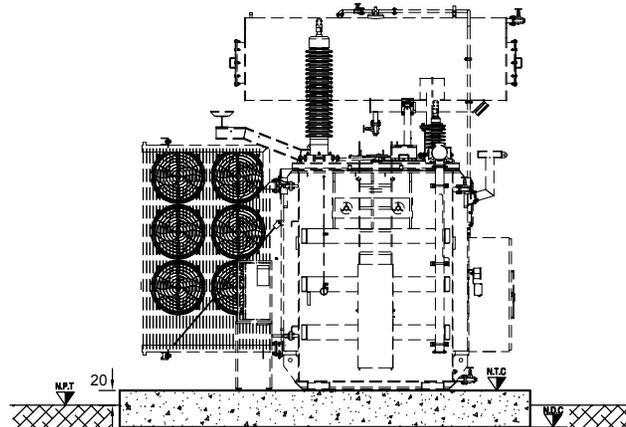
- NOTAS GENERALES**
- 1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - 2.- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.

TABLA DE MASA EN KILOGRAMOS Y TIPO DE MATERIAL. CONSTANTE DE ACELERACION GRAVITACIONAL 9.81 m/s <sup>2</sup>		
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO DE BAJA TENSION POR FASE	Cu	3545
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL DEVANADO DE ALTA TENSION POR FASE	Cu	5048
MASA TOTAL DE BOBINAS		8593
TIPO DE MATERIAL Y MASA DEL NUCLEO	ZDKH	18315
MASA DE LOS HERRAJES + CAMBIADOR		3737
MASA DE LOS AISLAMIENTO		2133
MASA DE LA PARTE MAS PESADA QUE PUDIERA LEVANTARSE EN FORMA INDEPENDIENTE		34980
MASA DEL TANQUE + ACCESORIOS		16295
MASA DE PARTE VIVA		34980
MASA DEL ACEITE		23380
MASA DE EMBARQUE SIN ACEITE		48470
MASA TOTAL		75435

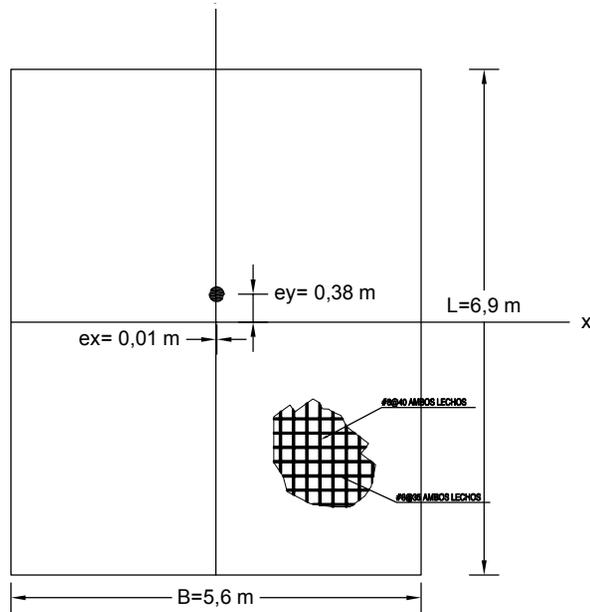
APROBADO PARA CONSTRUCCION		D. A. I. D.	A. L. L. U. J.	A. L. L. U. J.	FEB 2017
No.	DESCRIPCION	REVISO	VERIFICADO	VALIDO	FECHA
<b>CAMBIO</b>					
No. de CLASIFICACION	CLASIFICACION	TITULO			
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b>					
Partido	No. de plano		D.T.		Desig.
	P-002				A1
					0
<b>HERRERA OROZCO DIEGO ALEJANDRO</b>					
<b>ESPECIALIZACION EN INGENIERIA GEOTECNICA</b>					
<b>POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b>					
PROYECTO: SUBSTACION ELECTRICA - ESTADO DE TAMAUZIPAS					
TITULO: <b>DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA</b>					
RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA	FECHA:		
DIBUJO	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
REVISO	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
VERIFICADO	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
VALIDO	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
NUMERO DE OBRA	ESCALA	NOTACIONES EN	FOJA		
	SIN	COMPLEMENTOS	3 DE 1		



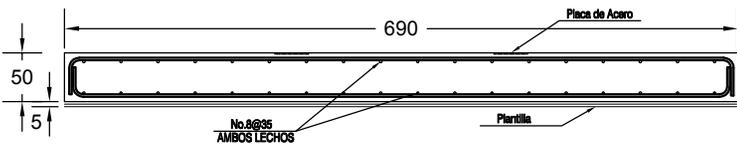
VISTA B-B



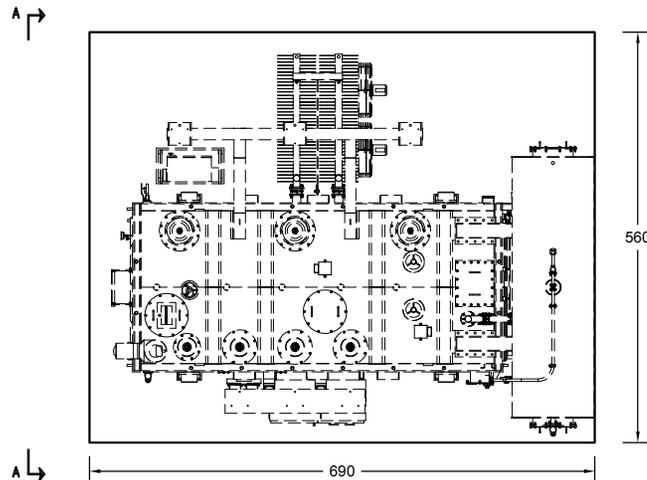
VISTA A-A



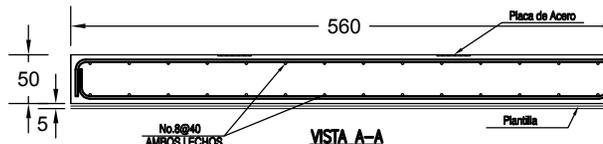
VISTA PLANTA SUPERIOR



VISTA B-B



VISTA PLANTA SUPERIOR



VISTA A-A

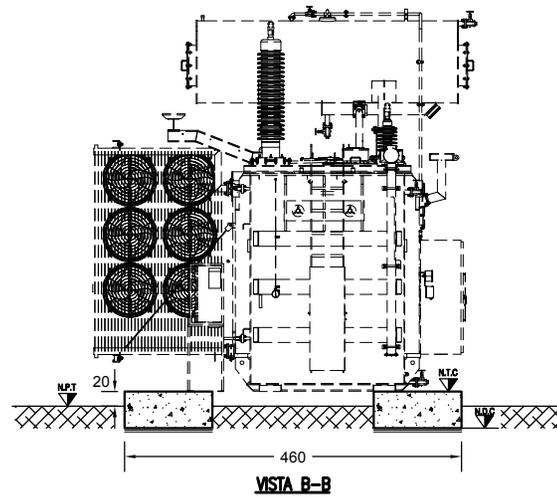
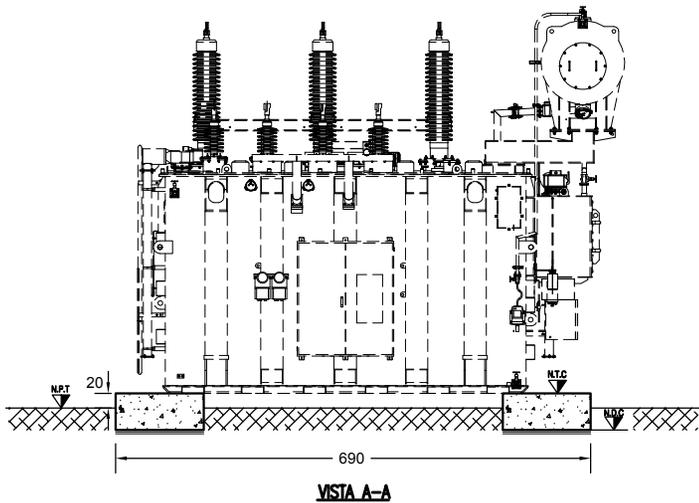
**NOTAS GENERALES**

- 1.- DIMENSIONES EN CENTIMETROS, EXCEPTO INDICADO.
- 2.- NIVELES EN METROS.
- 3.- TRABAJAR ESTE PLANO EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE REFERENCIA Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE C.F.E.
- 4.- ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCION TODAS LAS COTAS Y NIVELES SE DEBERAN VERIFICAR EN CAMPO.
- 5.- EL CEMENTO PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO DEBE CUMPLIR CON LA NORMA NMX-C-414-ONNCE, CON LAS SIGUIENTES RESISTENCIA DE  $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  TIPO CPO 30R BRA/RS.
- 6.- ACERO DE REFUERZO: ASTM A615 680  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .
- 7.- PLANTILLA DE CONCRETO  $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ , DE 5 cm. DE ESPESOR.
- 8.- NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA, LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 9.- RECUBRIMIENTOS LIBRES:  
LOSA FONDO 7.5cm

**SIMBOLOGIA**

- N.D.C. NIVEL DESPLANTE DE CIMENTACION
- N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO

APROBADO PARA CONSTRUCCION		D. A. I. D.	J. L. L. J. L.	FEB 2017
DESCRIPCION		REVISO	VERIFICADO	VALIDO
<b>CAMBIOS</b>				
No. de CLASIFICACION	CLASIFICACION	TITULO		
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b>				
Fecha	D.T.	Design.		
No. de plano	<b>P-003</b>		<b>A1</b>	<b>0</b>
<b>HERRERA OROZCO DIEGO ALEJANDRO</b>				
<b>ESPECIALIZACION EN INGENIERIA GEOTECNICA</b>				
<b>POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b>				
PROYECTO: SUBESTACION ELECTRICA - ESTADO DE TAMAULIPAS				
TITULO: <b>PROPUESTA: LOSA DE CIMENTACION</b>				
RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA	FECHA:	
DIBUJO:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017	
REVISO:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017	
VERIFICADO:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017	
VALIDO:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017	
NUMERO DE OBRA	ESCALA	NOTACIONES EN	FOJA:	
	1:1	1	3 DE 1	

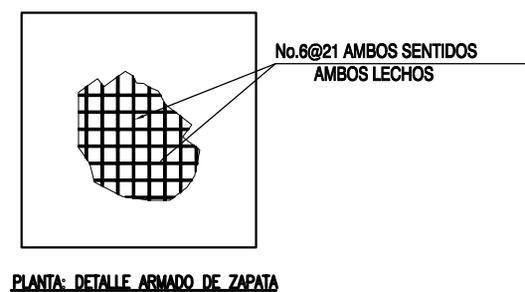
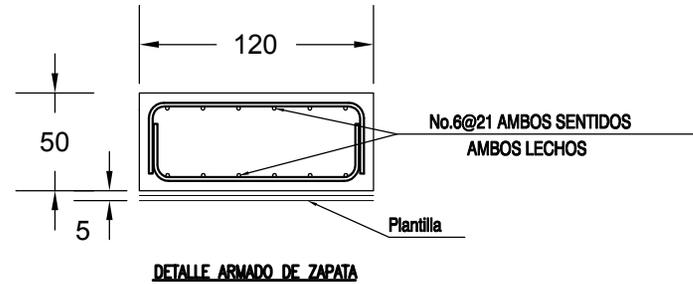
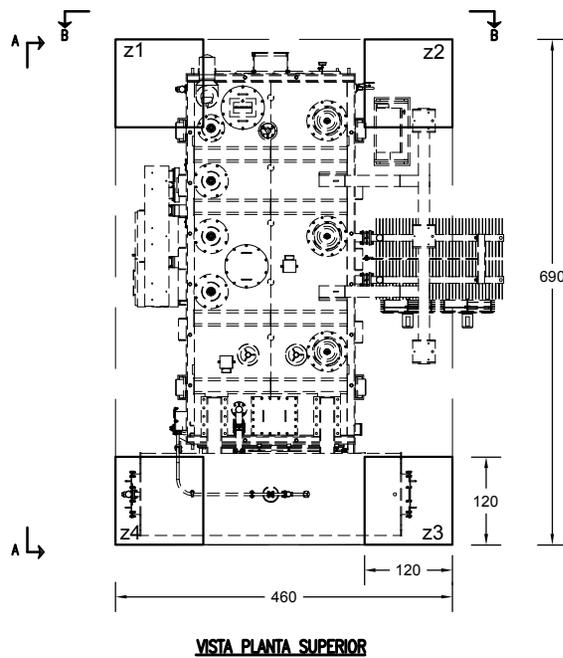


**NOTAS GENERALES**

- 1.- DIMENSIONES EN CENTIMETROS, EXCEPTO INDICADO.
- 2.- NIVELES EN METROS.
- 3.- TRABAJAR ESTE PLANO EN CONJUNTO CON LOS PLANOS DE REFERENCIA Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE C.F.E.
- 4.- ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCION TODAS LAS COTAS Y NIVELES SE DEBERAN VERIFICAR EN CAMPO.
- 5.- EL CEMENTO PARA LA PREPARACION DEL CONCRETO DEBE CUMPLIR CON LA NORMA NMX-C-414-ONNCE, CON LAS SIGUIENTES RESISTENCIA DE  $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$  TIPO CPO 30R BRA/RS.
- 6.- ACERO DE REFUERZO: ASTM A615 60 Fy = 4,200 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 7.- PLANTILLA DE CONCRETO  $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ , DE 5 cm. DE ESPESOR.
- 8.- NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA, LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 9.- RECUBRIMIENTOS LIBRES:  
ZAPATAS 7.5cm

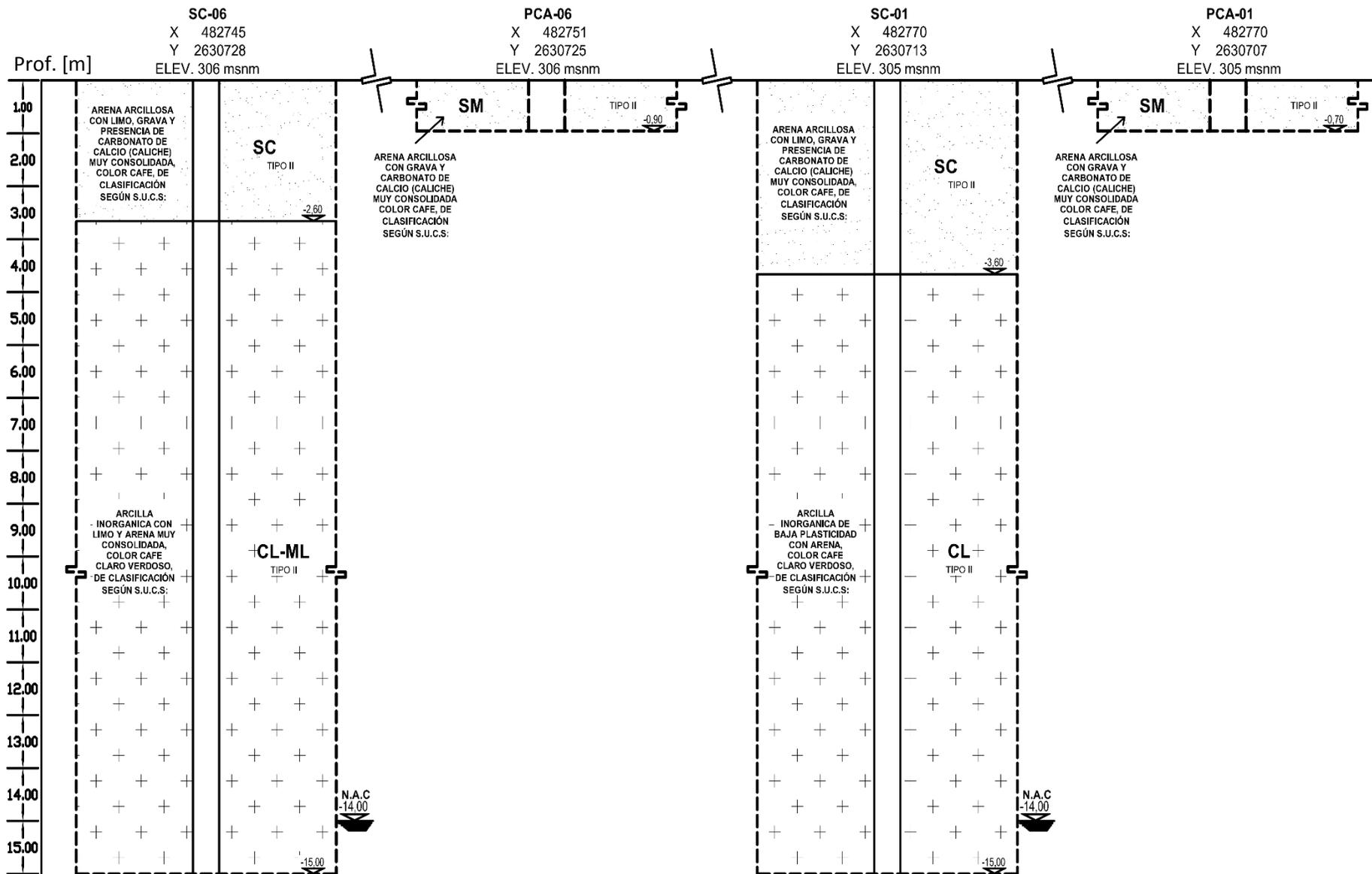
**SIMBOLOGIA**

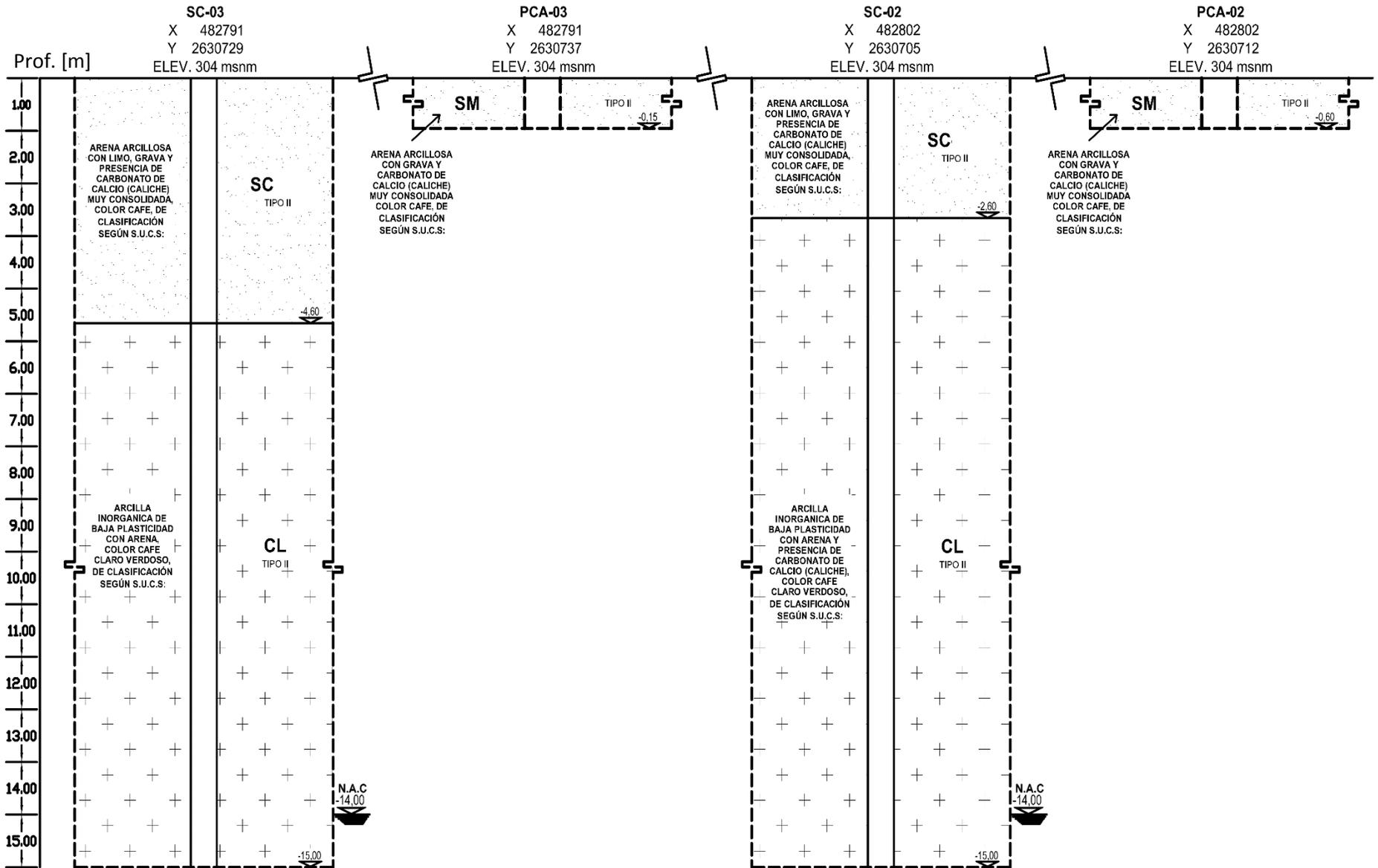
- N.D.C. NIVEL DESPLANTE DE CIMENTACION
- N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO

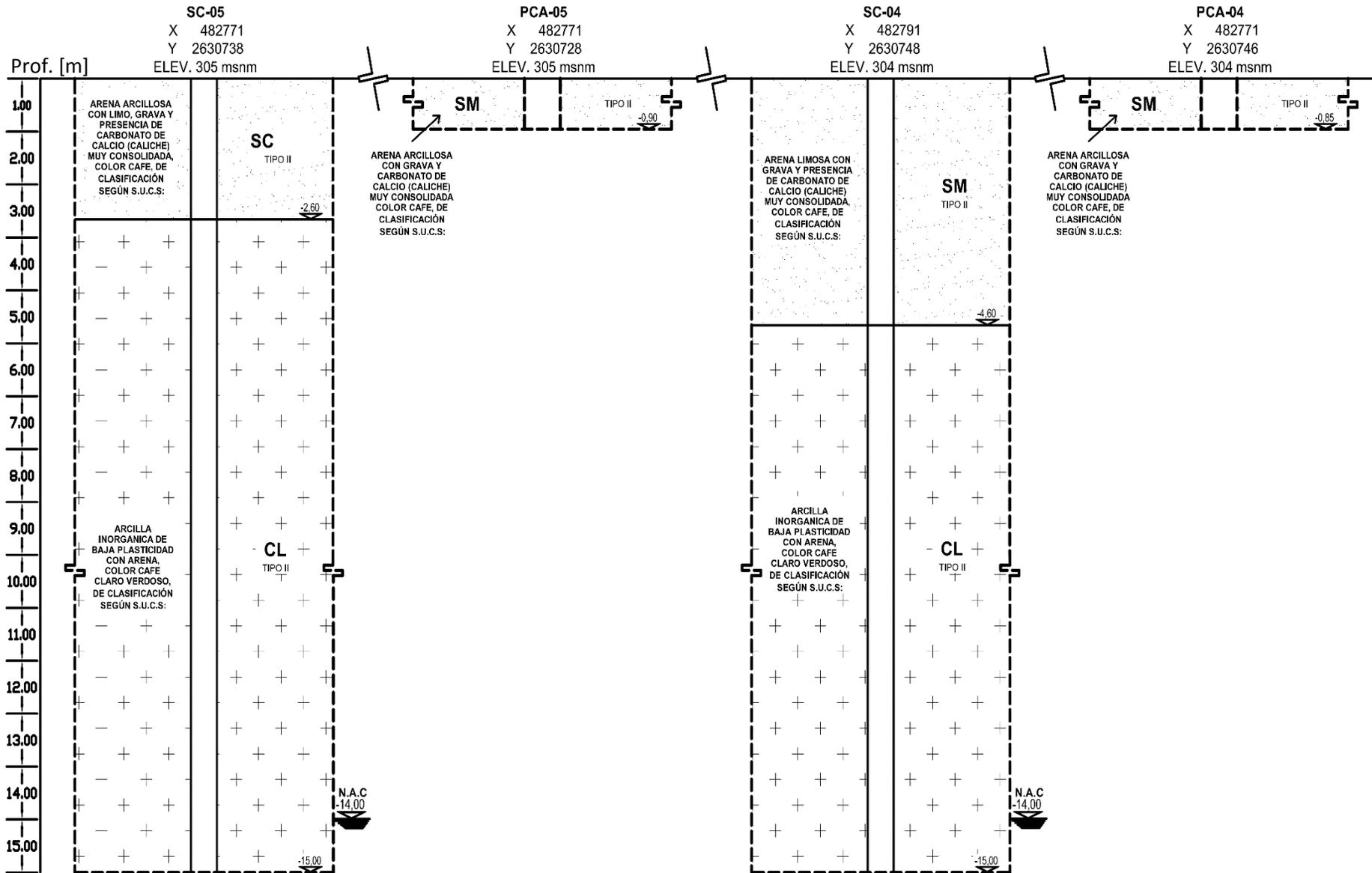


APROBADO PARA CONSTRUCCION		D.A.L.O.	A.L.L.U.A.	A.L.L.U.A.	FEB 2017
No.	DESCRIPCION	REVISO	VERIFICO	VALIDO	FECHA
<b>CAMBIOS</b>					
No. DE CLASIFICACION	CLASIFICACION	TITULO			
<b>DOCUMENTOS DE REFERENCIA</b>					
Fecha	D.T.		Design.		
No. de plano	<b>P-004</b>		<b>A1</b>		
<b>HERRERA OROZCO DIEGO ALEJANDRO</b>					
<b>ESPECIALIZACION EN INGENIERIA GEOTECNICA</b>					
<b>POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA</b>					
PROYECTO: SUBSTACION ELECTRICA - ESTADO DE TAMAULIPAS					
<b>TITULO : PROPUESTA: ZAPATAS</b>					
RESPONSABLE	NOMBRE	FECHA	FECHA		
DIBUJÓ:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
REVISÓ:	DIEGO HERRERA OROZCO		FEB 2017		
VERIFICÓ:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
VALIDÓ:	JUAN LUIS UMAÑA ROMERO		FEB 2017		
NUMERO DE OBRA	ESCALA	SIN		INSTRUCIONES EN	FECHA:
				centímetros	1 DE 1

## PERFILES ESTRATIGRÁFICOS







## SONDEOS CONTINUOS

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO												
CLIENTE:			PROYECTO:  (CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)				SONDEO No: SM-01; CASETA DE CONTROL					
							LOCALIZACION					
							X= 482770 Y = 2630713					
SIMBOLOGIA	PROF (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss	γd, SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES	
			LL	LP	IP			GRAVA	ARENA	FINOS		
	3,60	Arena arcillosa con limo grava y presencia de carbonato de calcio(caliche), muy consolidada de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	19,49	14,96	4,53	2,74	1583	17,72	45,57	36,71	CL= 2,31% WNAT= 3,87%  * Nota: Los primeros 0,40 m corresponden a un espesor vegetal.	
NAC Y 14,00 III	15,00	Arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena, color amarillo con verde muy consolidada, de clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	21,30	14,20	7,10	2,75	1531	13,45	33,66	52,89	CL= 3,80% WNAT= 9,65%	

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO												
CLIENTE:			PROYECTO:  (CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)				SONDEO No: SM-02; CASETA DE CONTROL					
							LOCALIZACION					
							X= 482802 Y = 2630705					
SIMBOLOGIA	PROF (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss	γd, SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES	
			LL	LP	IP			GRAVA	ARENA	FINOS		
	2,60	Arena arcillosa con limo, grava y presencia de carbonato de calcio (caliche), muy consolidada, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	18,99	14,84	4,15	2,73	1625	20,73	25,35	53,92	CL= 1,90% WNAT= 4,77%  *Nota: Los primeros 0,35 m corresponden a un espesor vegetal.	
NAC Y 14,00 III	15,00	Arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada color amarillo con verde, de clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	25,98	17,18	8,80	2,76	1587	0,00	42,25	57,75	CL= 4,57% WNAT= 9,18%	

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO**

CLIENTE:		PROYECTO:		SONDEO No: SM-03; CIMENTACION MAYOR							
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)		LOCALIZACION							
				X= 482791							
				Y= 2630729							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	LP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	4,60	Arena arcillosa con limo grava y presencia de carbonato de calcio(caliche), muy consolidada, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	20,71	16,34	4,37	2,74	1652	31,86	36,28	31,86	CL= 2,40% WNAT= 4,62%  * Nota: Los primeros 0,35 m corresponden a un espesor vegetal.
<b>NAC # 13,00</b> m	15,00	Arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena, muy consolidada color amarillo con verde, de clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	27,99	18,64	9,34	2,78	1579	0,00	17,18	82,82	CL= 5,79% WNAT= 8,17%

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO**

CLIENTE:		PROYECTO:		SONDEO No: SM-04; CIMENTACION MAYOR							
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)		LOCALIZACION							
				X= 482791							
				Y= 2630748							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	LP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	4,60	Arena limosa color café claro, de clasificación según S.U.C.S: <b>SM</b>	20,61	17,17	3,44	2,73	1611	38,27	44,44	17,29	CL= 2,40% WNAT= 5,2%  * Nota: Los primeros 0,35 m corresponden a un espesor vegetal.
<b>NAC # 13,00</b> m	15,10	Arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena, color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	27,43	17,96	9,47	2,78	1440	0	1896	81,04	CL= 5,21% WNAT= 18,50%

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO**

CLIENTE:		PROYECTO:		SONDEO No: SM-05 Mayor.							
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)		LOCALIZACION							
				X= 482771							
				Y= 2630738							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	LP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2,60	Arena arcillosa con limo, y presencia de carbonato de calcio, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	25,66	20,14	3,52	2,74	1672	30,14	40,57	23,29	CL= 2,10% WNAT= 3,85%  * Nota: Los primeros 0,35 m corresponden a un espesor vegetal.
	15,00	Arcilla inorgánica de baja plasticidad con arena, muy consolidada, color amarillo con verde, de clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	23,71	14,77	8,94	2,76	1524	7,46	41,78	50,76	CL= 4,92% WNAT= 8,61%

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO**

CLIENTE:		PROYECTO:		SONDEO No: SM-06 Mayor.							
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)		LOCALIZACION							
				X= 482745							
				Y= 2630728							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	LP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2,60	Arena arcillosa con limo,grava y presencia de carbonato de calcio muy consolidado, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	20,47	14,96	5,51	2,73	1581	30,39	32,35	37,26	CL= 2,9% WNAT= 3,88%  * Nota: Los primeros 0,40 m corresponden a un espesor vegetal.
	15,00	Arcilla inorgánica con arena, de baja plasticidad, clasificación según S.U.C.S: <b>CL</b>	27,03	17,88	9,15	2,77	14,24	0	20,59	79,41	CL= 5,02% WNAT= 9,97%

## POZOS A CIELO ABIERTO

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:			SONDEO No: PCA-01					LOCALIZACION	
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)								X= 482770	
										Y= 2630707	
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,70	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada, color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	31,81	22,72	9,09	2,76	1630	14,59	43,78	41,63	CL= 4,11% WNAT= 18,20%  *Los primero 0,70 m corresponden a un espesor vegetal.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:			SONDEO No: PCA-02					LOCALIZACION	
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)								X= 482802	
										Y= 2630712	
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,60	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada, color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	30,56	21,80	8,76	2,75	1610	12,80	51,23	35,97	CL= 3,75% WNAT= 16,43%  *Los primeros 0,40 m corresponden a un espesor vegetal.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:			SONDEO No: PCA-03					LOCALIZACION	
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)								X= 482791	
										Y= 2630737	
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	yd. SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,15	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche), muy consolidada, color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	32,04	21,63	10,41	2,75	16,25	15,40	43,20	41,40	CL= 4,28% WNAT= 17,53%  *Los primeros 0,30 m corresponden a un espesor vegetal.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:				SONDEO No: PCA-04		LOCALIZACION			
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)				X= 482771		Y = 2630746			
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	γ <sub>d</sub> . SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	IP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,85	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	29,44	20,33	9,11	2,75	1590	11,70	48,80	39,50	CL= 3,96% WNAT= 16,40%  *Los primeros 0,40 m corresponden a un espesor vegetal.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:				SONDEO No: PCA-05		LOCALIZACION			
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)				X= 482771		Y = 2630728			
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	γ <sub>d</sub> . SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	IP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,90	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada, color café de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	32,55	22,60	9,95	2,75	1609	15,70	50,46	33,84	CL= 4,06% WNAT= 17,70%  *Los primeros 0,15 m corresponden a un espesor vegetal.

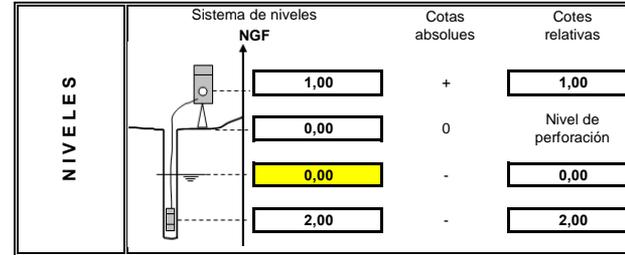
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO											
CLIENTE:		PROYECTO:				SONDEO No: PCA-06		LOCALIZACION			
		(CD.VICTORIA,TAMAULIPAS)				X= 482751		Y = 2630725			
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			S <sub>s</sub>	γ <sub>d</sub> . SECO (kg/m <sup>3</sup> )	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			LL	LP	IP			GRAVA	ARENA	FINOS	
	0,90	Arena arcillosa con grava y carbonato de calcio (caliche) muy consolidada color café, de clasificación según S.U.C.S: <b>SC</b>	31,22	20,99	10,23	2,74	1615	16,40	48,40	35,10	CL= 4,20% WNAT= 15,30%

## **PRESIÓMETRO DE MENARD**

PROYECTO:			
CLIENTE:			
LOCALIZACION:	CD. VICTORIA, TAMAULIPAS		
SONDEO:	SC-02		
PROF.:	2	m	
INERCIA	PERDIDA DEPRESION	Fci	0,6843
CALIBRACION	PERDIDA DE VOLUMEN	Fcc	1,628696

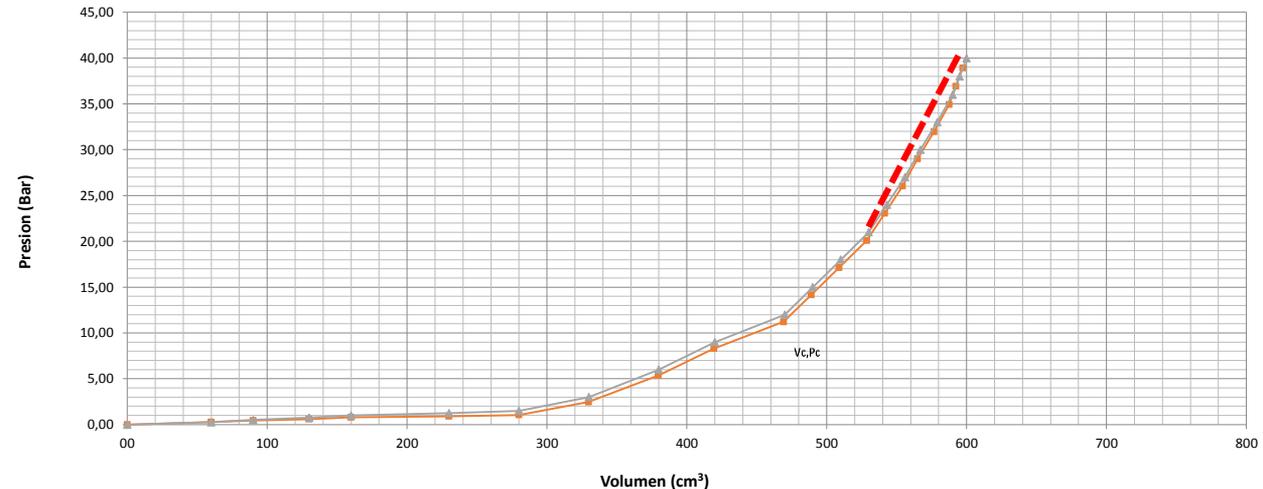
TIPO DE SONDA:	SENCILLA	
PROCEDIMIENTO:	TIPO A	
OPERADOR:	JOSE ALMADA	
PERFORISTA:	GABRIEL ESPINOZA	
FECHA:	2016-08-31	
Ncampo:	43	

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)	1,629		
U1	4,00E-09	U3	3,10E-03
U2	-4,00E-06	U4	7,80E-03



CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION	
Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,684
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)	479,0

LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	35,00	48,00	60,00	0,27	59,98
0,50	0,50	0,50	0,50	70,00	79,00	80,00	90,00	0,44	89,97
0,75	0,75	0,75	0,75	115,00	100,00	120,00	130,00	0,60	129,95
1,00	1,00	1,00	1,00	200,00	140,00	148,00	160,00	0,78	159,93
1,25	1,25	1,25	1,25	245,00	190,00	220,00	230,00	0,89	229,91
1,50	1,50	1,50	1,50	300,00	250,00	265,00	280,00	1,05	279,90
3,00	3,00	3,00	3,00	345,00	295,00	305,00	330,00	2,46	329,79
6,00	6,00	6,00	6,00	385,00	345,00	365,00	380,00	5,37	379,59
9,00	9,00	9,00	9,00	415,00	395,00	400,00	420,00	8,30	419,38
12,00	12,00	12,00	12,00	460,00	445,00	455,00	470,00	11,20	469,18
15,00	15,00	15,00	15,00	480,00	480,00	485,00	490,00	14,16	488,97
18,00	18,00	18,00	18,00	488,00	510,00	510,00	510,00	17,12	508,77
21,00	21,00	21,00	21,00	495,00	525,00	528,00	530,00	20,08	528,56
24,00	24,00	24,00	24,00	510,00	540,00	540,00	543,00	23,05	541,36
27,00	27,00	27,00	27,00	517,00	547,00	550,00	556,00	26,02	554,15
30,00	30,00	30,00	30,00	560,00	560,00	565,00	567,00	28,99	564,95
33,00	33,00	33,00	33,00	570,00	574,00	577,00	579,00	31,96	576,74
36,00	36,00	36,00	36,00	580,00	582,00	590,00	590,00	34,93	587,54
38,00	38,00	38,00	38,00	593,00	595,00	595,00	595,00	36,92	592,40
40,00	40,00	40,00	40,00	597,00	600,00	600,00	600,00	38,91	597,26



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				E <sub>m</sub> /P <sub>Lm</sub>
	Em	G <sub>2</sub>	E	P <sub>L</sub>	
	3751,13	1312,87	3500,12	-	-

Vs	479,0	cm³
Vc	329,8	cm³
Pc	2,460	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:     X          NEVADO:     -          OTRO:     -    

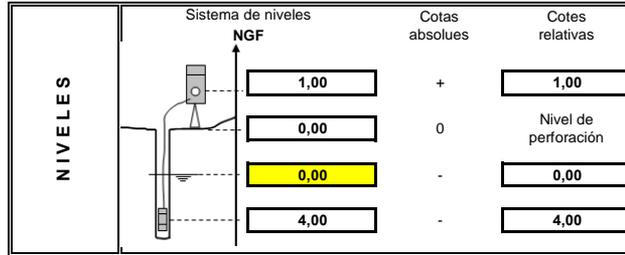
LLUVIOSO:     -          NUBLADO:     -    

TEMPERATURA:

PROYECTO:			
CLIENTE:			
LOCALIZACION:	CD. VICTORIA, TAMAULIPAS		
SONDEO:	SC-02		
PROF.:	4	m	
INERCIA	PERDIDA DEPRESION	Fci	0,6843
CALIBRACION	PERDIDA DE VOLUMEN	Fcc	1,628696

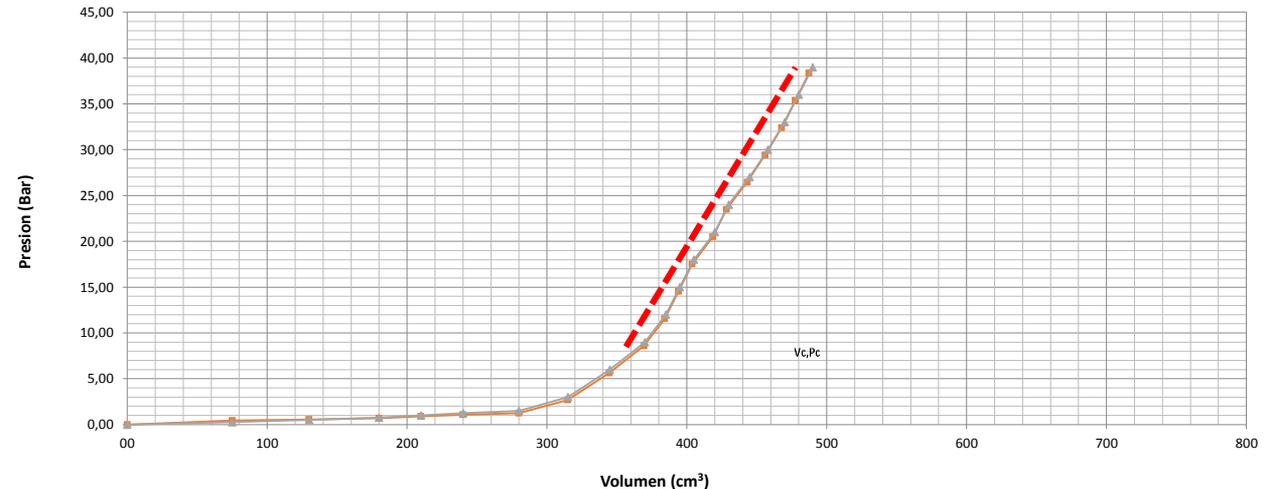
TIPO DE SONDA:	SENCILLA
PROCEDIMIENTO:	TIPO A
OPERADOR:	JOSE ALMADA
PERFORISTA:	GABRIEL ESPINOZA
FECHA:	2016-08-31
Ncampo:	45

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)	1,629		
U1	4,00E-09	U3	3,10E-03
U2	-4,00E-06	U4	7,80E-03



CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION	
Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,684
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)	479,0

LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	30,00	55,00	75,00	0,43	74,98
0,50	0,50	0,50	0,50	80,00	85,00	100,00	130,00	0,55	129,97
0,75	0,75	0,75	0,75	135,00	145,00	160,00	180,00	0,69	179,95
1,00	1,00	1,00	1,00	185,00	190,00	200,00	210,00	0,88	209,93
1,25	1,25	1,25	1,25	215,00	220,00	225,00	240,00	1,07	239,91
1,50	1,50	1,50	1,50	245,00	248,00	260,00	280,00	1,25	279,90
3,00	3,00	3,00	3,00	285,00	300,00	305,00	315,00	2,69	314,79
6,00	6,00	6,00	6,00	330,00	335,00	340,00	345,00	5,63	344,59
9,00	9,00	9,00	9,00	360,00	365,00	365,00	370,00	8,59	369,38
12,00	12,00	12,00	12,00	375,00	377,00	380,00	385,00	11,56	384,18
15,00	15,00	15,00	15,00	385,00	385,00	387,00	395,00	14,55	393,97
18,00	18,00	18,00	18,00	395,00	400,00	400,00	405,00	17,53	403,77
21,00	21,00	21,00	21,00	405,00	410,00	415,00	420,00	20,50	418,56
24,00	24,00	24,00	24,00	420,00	420,00	420,00	430,00	23,48	428,36
27,00	27,00	27,00	27,00	427,00	430,00	435,00	445,00	26,45	443,15
30,00	30,00	30,00	30,00	445,00	450,00	450,00	458,00	29,43	455,95
33,00	33,00	33,00	33,00	460,00	460,00	465,00	470,00	32,40	467,74
36,00	36,00	36,00	36,00	470,00	475,00	480,00	480,00	35,38	477,54
39,00	39,00	39,00	39,00	485,00	485,00	485,00	490,00	38,36	487,33



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$ t/m²	$G_2$ t/m²	$E$ t/m²	$P_L$ t/m²	$G$ recarga / G carga
	3620,16	1209,04	3223,29	-	-

Vs	479,0	cm³
Vc	314,8	cm³
Pc	2,690	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:     X          NEVADO:     -          OTRO:     -    

LLUVIOSO:     -          NUBLADO:     -    

TEMPERATURA:

PROYECTO:

TIPO DE SONDA: SENCILLA

CLIENTE:

PROCEDIMIENTO: TIPO A

LOCALIZACION: **CD. VICTORIA, TAMAULIPAS**

OPERADOR: JOSE ALMADA

SONDEO: **SC-02**

PERFORISTA: GABRIEL ESPINOZA

PROF.: **7** m

FECHA: 2016-08-31

INERCIA **PERDIDA DE PRESION** Fci **0,6843**

Ncampo: 45

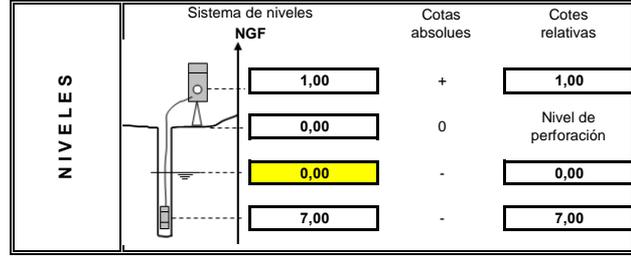
CALIBRACION **PERDIDA DE VOLUMEN** Fcc **1,628696**

**CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN**

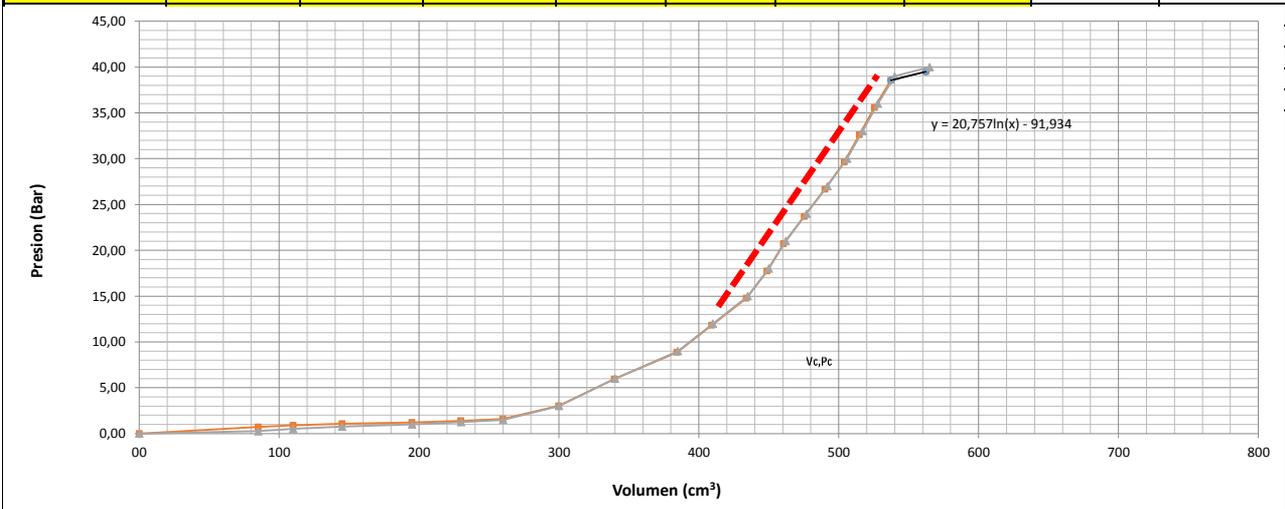
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración $p_{cal}$ (MPa)	1,629		
U1	4,00E-09	U3	3,10E-03
U2	-4,00E-06	U4	7,80E-03

**CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION**

Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería $d_i$ (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,684
Volume de la sonda $V_s$ (cm³)	479,0



LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	40,00	74,00	85,00	0,71	84,98
0,50	0,50	0,50	0,50	90,00	95,00	100,00	110,00	0,89	109,97
0,75	0,75	0,75	0,75	115,00	125,00	135,00	145,00	1,06	144,95
1,00	1,00	1,00	1,00	150,00	160,00	180,00	195,00	1,21	194,93
1,25	1,25	1,25	1,25	200,00	205,00	215,00	230,00	1,39	229,91
1,50	1,50	1,50	1,50	235,00	240,00	245,00	260,00	1,59	259,90
3,00	3,00	3,00	3,00	265,00	270,00	280,00	300,00	3,01	299,79
6,00	6,00	6,00	6,00	305,00	310,00	320,00	340,00	5,94	339,59
9,00	9,00	9,00	9,00	360,00	320,00	375,00	385,00	8,86	384,38
12,00	12,00	12,00	12,00	390,00	395,00	400,00	410,00	11,82	409,18
15,00	15,00	15,00	15,00	415,00	420,00	430,00	435,00	14,77	433,97
18,00	18,00	18,00	18,00	440,00	445,00	449,00	450,00	17,74	448,77
21,00	21,00	21,00	21,00	454,00	459,00	460,00	462,00	20,72	460,56
24,00	24,00	24,00	24,00	465,00	472,00	475,00	477,00	23,69	475,36
27,00	27,00	27,00	27,00	480,00	485,00	488,00	492,00	26,66	490,15
30,00	30,00	30,00	30,00	494,00	498,00	500,00	506,00	29,63	503,95
33,00	33,00	33,00	33,00	510,00	515,00	515,00	517,00	32,61	514,74
36,00	36,00	36,00	36,00	520,00	525,00	525,00	528,00	35,58	525,54
39,00	39,00	39,00	39,00	530,00	538,00	540,00	540,00	38,55	537,33
40,00	40,00	40,00	40,00	540,00	560,00	565,00	565,00	39,50	562,26



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$ t/m²	$G_2$ t/m²	E t/m²	$P_L$ t/m²	G recarga / G carga
	3255,35	1102,14	2938,31	468,18	6,95

Vs	479,0	cm³
Vc	299,8	cm³
Pc	3,010	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:     X          NEVADO:     -          OTRO:     -    

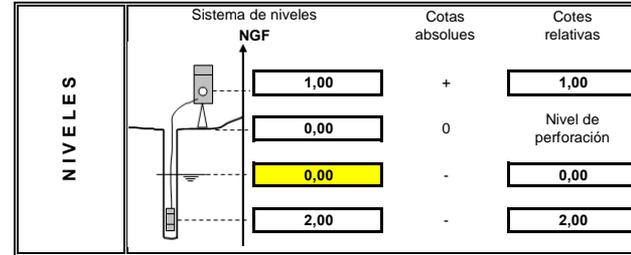
LLUVIOSO:     -          NUBLADO:     -    

TEMPERATURA:

PROYECTO:			
CLIENTE:			
LOCALIZACION:	CD. VICTORIA, TAMAULIPAS		
SONDEO:	SC-03		
PROF.:	2	m	
INERCIA	PERDIDA DEPRESION	Fci	0,6843
CALIBRACION	PERDIDA DE VOLUMEN	Fcc	1,628696

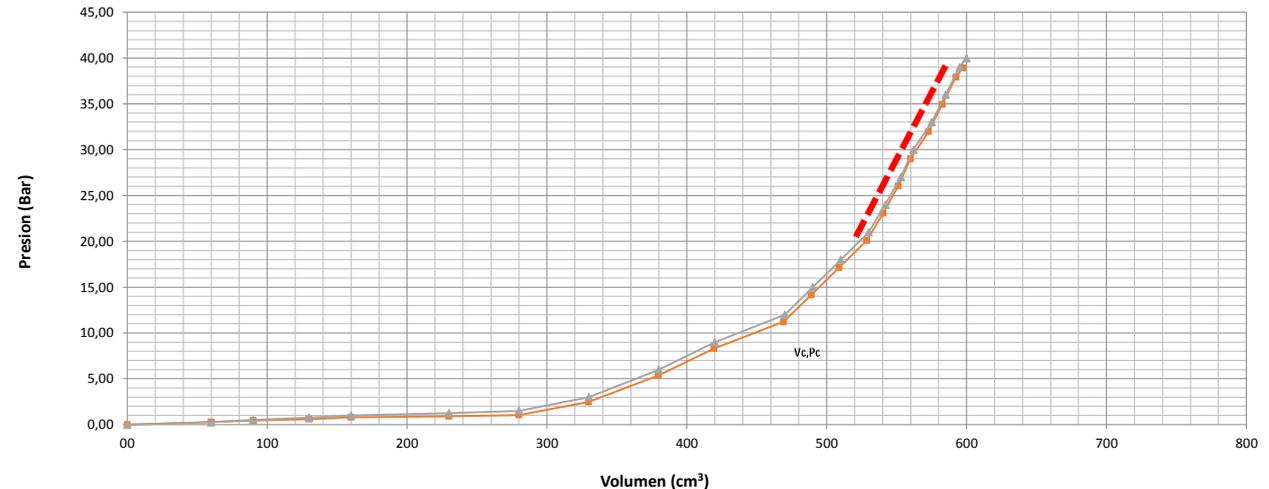
TIPO DE SONDA:	SENCILLA	
PROCEDIMIENTO:	TIPO A	
OPERADOR:	JOSE ALMADA	
PERFORISTA:	GABRIEL ESPINOZA	
FECHA:	2016-09-02	
Ncampo:	41	

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)	1,629		
U1	4,00E-09	U3	3,10E-03
U2	-4,00E-06	U4	7,80E-03



CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION	
Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,684
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)	479,0

LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	35,00	48,00	60,00	0,27	59,98
0,50	0,50	0,50	0,50	65,00	79,00	80,00	90,00	0,44	89,97
0,75	0,75	0,75	0,75	95,00	100,00	120,00	130,00	0,60	129,95
1,00	1,00	1,00	1,00	135,00	140,00	148,00	160,00	0,78	159,93
1,25	1,25	1,25	1,25	170,00	190,00	220,00	230,00	0,89	229,91
1,50	1,50	1,50	1,50	240,00	250,00	265,00	280,00	1,05	279,90
3,00	3,00	3,00	3,00	288,00	295,00	305,00	330,00	2,46	329,79
6,00	6,00	6,00	6,00	335,00	345,00	365,00	380,00	5,37	379,59
9,00	9,00	9,00	9,00	385,00	395,00	400,00	420,00	8,30	419,38
12,00	12,00	12,00	12,00	435,00	445,00	455,00	470,00	11,20	469,18
15,00	15,00	15,00	15,00	476,00	480,00	485,00	490,00	14,16	488,97
18,00	18,00	18,00	18,00	500,00	510,00	510,00	510,00	17,12	508,77
21,00	21,00	21,00	21,00	520,00	535,00	528,00	530,00	20,08	528,56
24,00	24,00	24,00	24,00	535,00	540,00	540,00	542,00	23,05	540,36
27,00	27,00	27,00	27,00	545,00	547,00	550,00	553,00	26,02	551,15
30,00	30,00	30,00	30,00	551,00	556,00	558,00	562,00	29,00	559,95
33,00	33,00	33,00	33,00	570,00	575,00	577,00	575,00	31,97	572,74
36,00	36,00	36,00	36,00	590,00	590,00	590,00	585,00	34,95	582,54
39,00	39,00	39,00	39,00	595,00	595,00	595,00	595,00	37,92	592,33
40,00	40,00	40,00	40,00	596,00	598,00	599,00	600,00	38,91	597,26



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				E <sub>m</sub> /P <sub>Lm</sub> G recarga / G carga
	Em t/m²	G <sub>2</sub> t/m²	E t/m²	P <sub>L</sub> t/m²	
	3751,13	1312,87	3500,12	-	

Vs	479,0	cm³
Vc	329,8	cm³
Pc	2,460	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:  X      NEVADO:  -      OTRO:  -

LLUVIOSO:  -      NUBLADO:  -

TEMPERATURA: \_\_\_\_\_

PROYECTO:

TIPO DE SONDA: SENCILLA

CLIENTE:

PROCEDIMIENTO: TIPO A

LOCALIZACION: **CD. VICTORIA, TAMAULIPAS**

OPERADOR: JOSE ALMADA

SONDEO: **SC-03**

PERFORISTA: GABRIEL ESPINOZA

PROF.: **5** m

FECHA: 2016-09-02

INERCIA **PERDIDA DE PRESION** Fci **0,6843**

Ncampo: 45

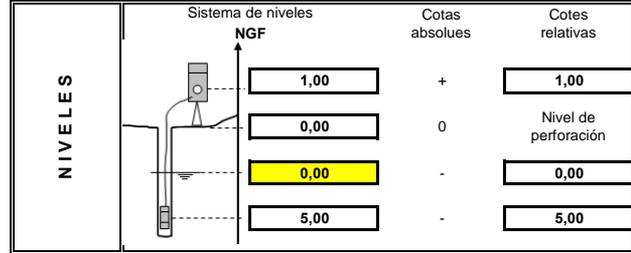
CALIBRACION **PERDIDA DE VOLUMEN** Fcc **1,628696**

**CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN**

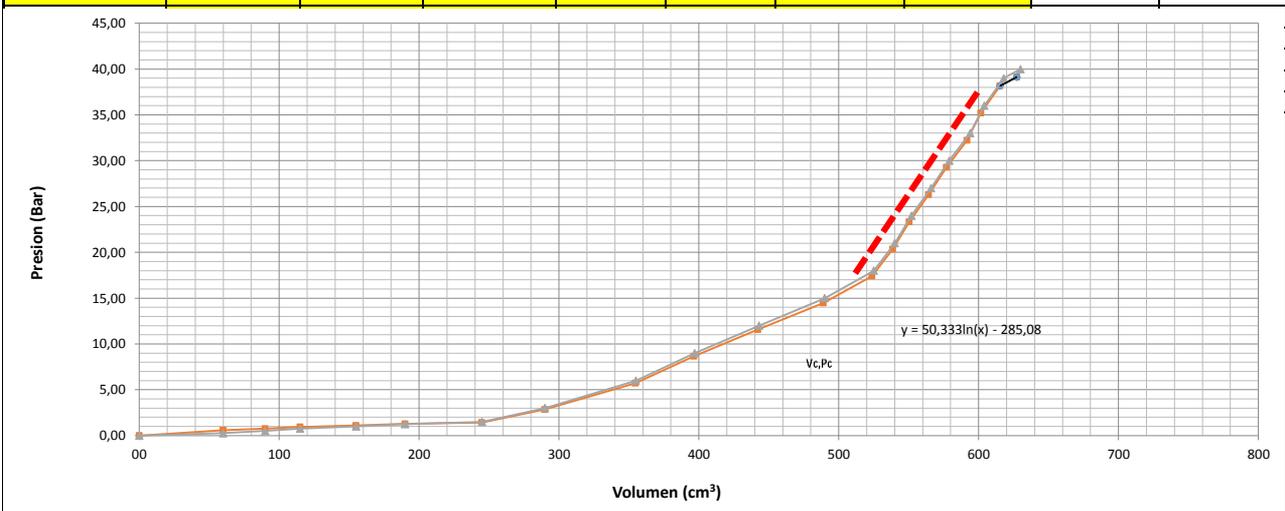
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración $p_{cal}$ (MPa)	1,629		
U1	4,00E-09	U3	3,10E-03
U2	-4,00E-06	U4	7,80E-03

**CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION**

Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería $d_i$ (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,684
Volume de la sonda $V_s$ (cm³)	479,0



LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	30,00	45,00	60,00	0,57	59,98
0,50	0,50	0,50	0,50	65,00	75,00	82,00	90,00	0,74	89,97
0,75	0,75	0,75	0,75	95,00	100,00	110,00	115,00	0,93	114,95
1,00	1,00	1,00	1,00	117,00	122,00	130,00	155,00	1,09	154,93
1,25	1,25	1,25	1,25	160,00	174,00	184,00	190,00	1,27	189,91
1,50	1,50	1,50	1,50	190,00	210,00	225,00	245,00	1,41	244,90
3,00	3,00	3,00	3,00	250,00	255,00	284,00	290,00	2,83	289,79
6,00	6,00	6,00	6,00	300,00	315,00	335,00	355,00	5,72	354,59
9,00	9,00	9,00	9,00	360,00	374,00	389,00	397,00	8,64	396,38
12,00	12,00	12,00	12,00	400,00	426,00	430,00	443,00	11,56	442,18
15,00	15,00	15,00	15,00	457,00	470,00	490,00	490,00	14,46	488,97
18,00	18,00	18,00	18,00	500,00	510,00	520,00	525,00	17,39	523,77
21,00	21,00	21,00	21,00	530,00	530,00	540,00	540,00	20,35	538,56
24,00	24,00	24,00	24,00	545,00	550,00	550,00	552,00	23,33	550,36
27,00	27,00	27,00	27,00	555,00	560,00	563,00	566,00	26,29	564,15
30,00	30,00	30,00	30,00	570,00	574,00	576,00	579,00	29,26	576,95
33,00	33,00	33,00	33,00	580,00	584,00	590,00	594,00	32,22	591,74
36,00	36,00	36,00	36,00	600,00	602,00	602,00	604,00	35,20	601,54
39,00	39,00	39,00	39,00	611,00	614,00	616,00	618,00	38,16	615,33
40,00	40,00	40,00	40,00	620,00	622,00	625,00	630,00	39,13	627,26



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$ t/m²	$G_2$ t/m²	E t/m²	$P_L$ t/m²	$G_{recarga} / G_{carga}$
	3173,67	1086,57	2896,79	513,77	6,18

Vs	479,0	cm³
Vc	289,8	cm³
Pc	2,830	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:  X      LUVIOSO:  -

NEVADO:  -      NUBLADO:  -

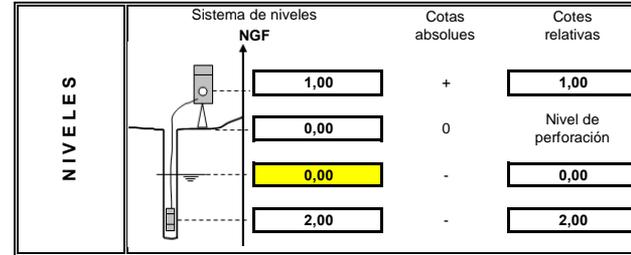
OTRO:  -

TEMPERATURA: \_\_\_\_\_

PROYECTO:			
CLIENTE:			
LOCALIZACION:	CD. VICTORIA, TAMAULIPAS		
SONDEO:	SC-04		
PROF.:	2	m	
INERCIA	PERDIDA DE PRESION	Fci	0,9398
CALIBRACION	PERDIDA DE VOLUMEN	Fcc	0,432124

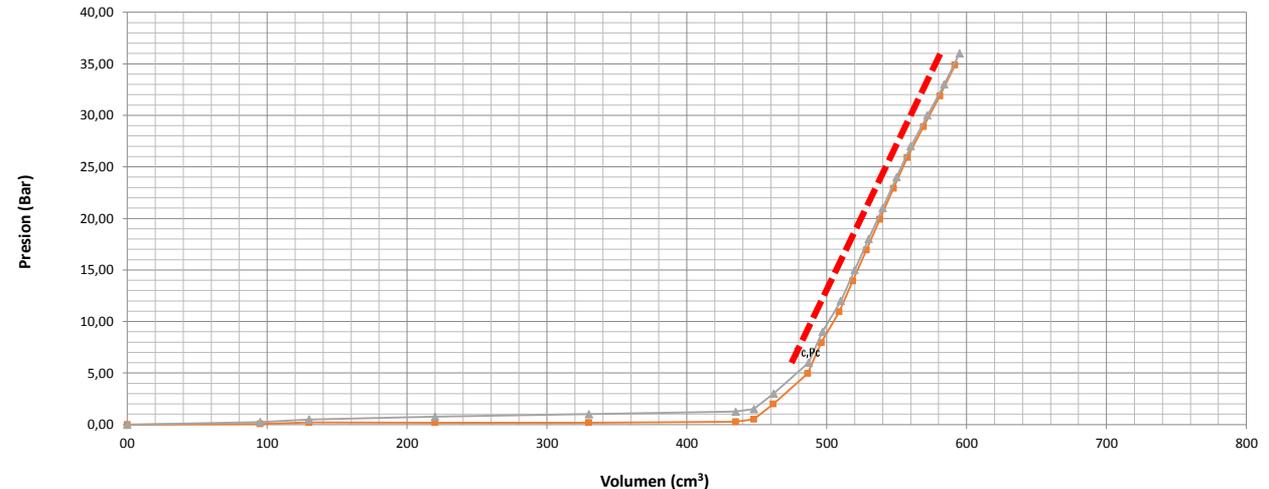
TIPO DE SONDA:	SENCILLA	
PROCEDIMIENTO:	TIPO A	
OPERADOR:	JOSE ALMADA	
PERFORISTA:	GABRIEL ESPINOZA	
FECHA:	2016-08-31	
Ncampo:	45	

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)	0,432		
U1	1,00E-09	U3	4,20E-03
U2	-4,00E-06	U4	2,69E-02



CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION	
Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,940
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)	479,0

LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	55,00	80,00	95,00	0,06	94,98
0,50	0,50	0,50	0,50	105,00	120,00	125,00	130,00	0,19	129,95
0,75	0,75	0,75	0,75	140,00	180,00	200,00	220,00	0,18	219,93
1,00	1,00	1,00	1,00	340,00	375,00	420,00	330,00	0,19	329,91
1,25	1,25	1,25	1,25	422,00	425,00	435,00	435,00	0,27	434,88
1,50	1,50	1,50	1,50	442,00	445,00	445,00	448,00	0,50	447,86
3,00	3,00	3,00	3,00	450,00	455,00	460,00	462,00	1,99	461,72
6,00	6,00	6,00	6,00	480,00	480,00	482,00	487,00	4,96	486,44
9,00	9,00	9,00	9,00	490,00	490,00	495,00	497,00	7,95	496,15
12,00	12,00	12,00	12,00	499,00	500,00	500,00	510,00	10,94	508,87
15,00	15,00	15,00	15,00	510,00	515,00	518,00	520,00	13,93	518,59
18,00	18,00	18,00	18,00	520,00	520,00	522,00	530,00	16,92	528,31
21,00	21,00	21,00	21,00	530,00	535,00	535,00	540,00	19,91	538,03
24,00	24,00	24,00	24,00	540,00	540,00	540,00	550,00	22,91	547,74
27,00	27,00	27,00	27,00	550,00	555,00	555,00	560,00	25,90	557,46
30,00	30,00	30,00	30,00	560,00	570,00	572,00	572,00	28,89	569,18
33,00	33,00	33,00	33,00	580,00	585,00	587,00	584,00	31,89	580,90
36,00	36,00	36,00	36,00	590,00	590,00	592,00	595,00	34,88	591,62



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$	$G_2$	$E$	$P_L$	$G_{recarga} / G_{carga}$
	t/m²	t/m²	t/m²	t/m²	
4031,05	1362,43	3632,23	-	-	

Vs	479,0	cm³
Vc	461,7	cm³
Pc	1,990	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:  X      LUVIOSO:  -

NEVADO:  -      NUBLADO:  -

OTRO:  -

TEMPERATURA: \_\_\_\_\_

PROYECTO:

TIPO DE SONDA: SENCILLA

CLIENTE:

PROCEDIMIENTO: TIPO A

LOCALIZACION: **CD. VICTORIA, TAMAULIPAS**

OPERADOR: JOSE ALMADA

SONDEO: **SC-04**

PERFORISTA: GABRIEL ESPINOZA

PROF.: **6** m

FECHA: 2016-08-31

INERCIA **PERDIDA DE PRESION** Fci **0,9398**

Ncampo: 45

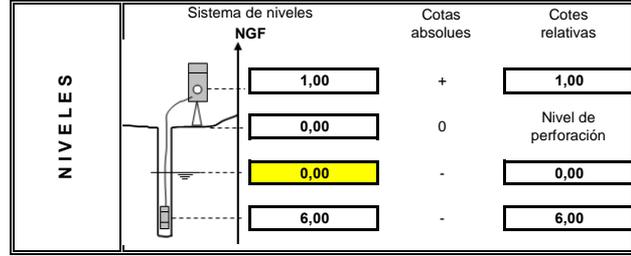
CALIBRACION **PERDIDA DE VOLUMEN** Fcc **0,432124**

**CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN**

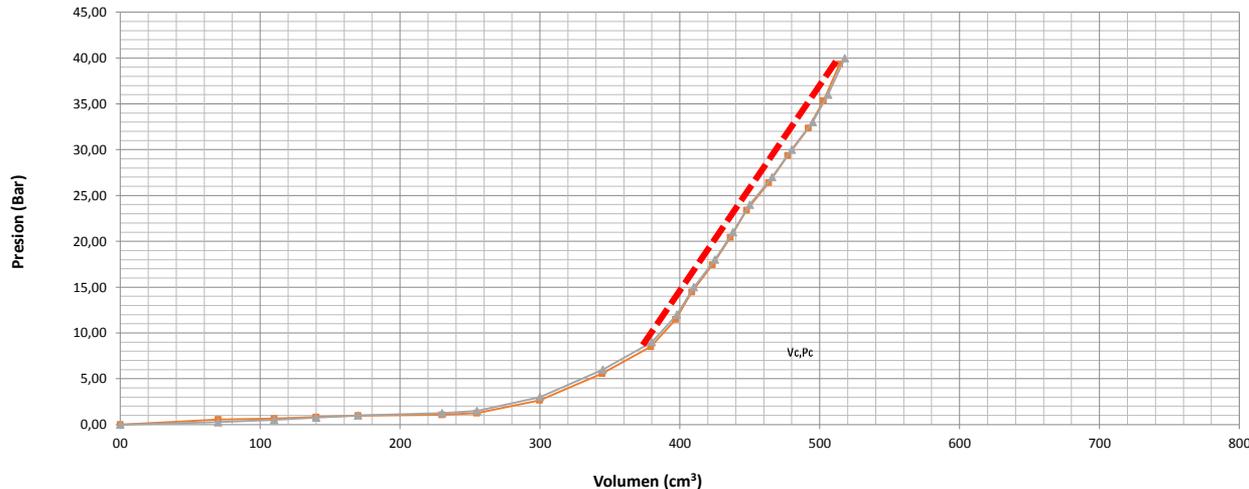
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)	0,432		
U1	1,00E-09	U3	4,20E-03
U2	-4,00E-06	U4	2,69E-02

**CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION**

Referencia	CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)	66,0
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,940
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)	479,0



LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	30,00	45,00	70,00	0,55	69,98
0,50	0,50	0,50	0,50	75,00	85,00	95,00	110,00	0,66	109,95
0,75	0,75	0,75	0,75	115,00	120,00	125,00	140,00	0,81	139,93
1,00	1,00	1,00	1,00	145,00	148,00	155,00	170,00	0,97	169,91
1,25	1,25	1,25	1,25	190,00	200,00	220,00	230,00	1,06	229,88
1,50	1,50	1,50	1,50	235,00	240,00	245,00	255,00	1,25	254,86
3,00	3,00	3,00	3,00	270,00	280,00	285,00	300,00	2,65	299,72
6,00	6,00	6,00	6,00	310,00	330,00	340,00	345,00	5,56	344,44
9,00	9,00	9,00	9,00	350,00	355,00	375,00	380,00	8,50	379,15
12,00	12,00	12,00	12,00	395,00	395,00	395,00	398,00	11,47	396,87
15,00	15,00	15,00	15,00	400,00	400,00	405,00	410,00	14,45	408,59
18,00	18,00	18,00	18,00	420,00	420,00	422,00	425,00	17,43	423,31
21,00	21,00	21,00	21,00	427,00	427,00	430,00	438,00	20,42	436,03
24,00	24,00	24,00	24,00	435,00	440,00	445,00	450,00	23,40	447,74
27,00	27,00	27,00	27,00	454,00	459,00	460,00	466,00	26,38	463,46
30,00	30,00	30,00	30,00	470,00	477,00	480,00	480,00	29,37	477,18
33,00	33,00	33,00	33,00	488,00	490,00	492,00	495,00	32,35	491,90
36,00	36,00	36,00	36,00	497,00	499,00	500,00	506,00	35,34	502,62
40,00	40,00	40,00	40,00	510,00	515,00	517,00	518,00	39,33	514,24



$$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$$

$$G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$$

CARGA				E <sub>m</sub> /P <sub>Lm</sub>
Em	G <sub>2</sub>	E	P <sub>L</sub>	G recarga / G carga
t/m²	t/m²	t/m²	t/m²	
3402,41	1136,93	3031,04	-	-

Vs	479,0	cm³
Vc	299,7	cm³
Pc	2,650	Bar

CONDICIONES AMBIENTALES:

SECO:     X          NEVADO:     -          OTRO:     -    

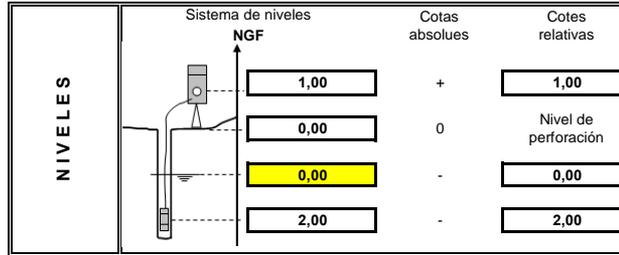
LLUVIOSO:     -          NUBLADO:     -    

TEMPERATURA:

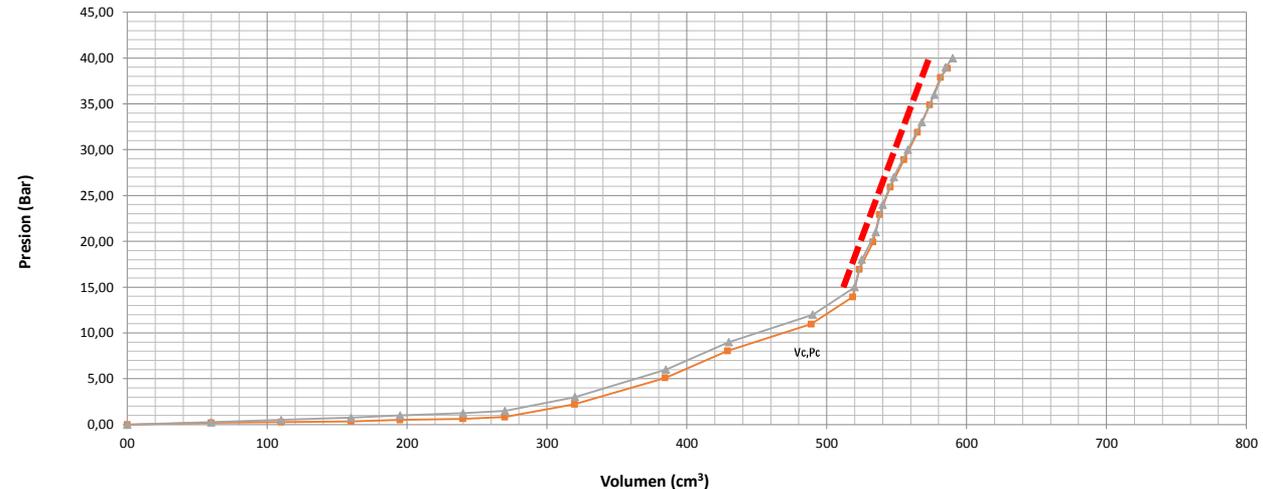
**PROYECTO:** \_\_\_\_\_  
**CLIENTE:** \_\_\_\_\_  
**LOCALIZACION:** CD. VICTORIA, TAMAULIPAS  
**SONDEO:** SC-06  
**PROF.:** 2 m  
**INERCIA** PERDIDA DEPRESION Fci 0,9398  
**CALIBRACION** PERDIDA DE VOLUMEN Fcc 0,432124

**TIPO DE SONDA:** SENCILLA  
**PROCEDIMIENTO:** TIPO A  
**OPERADOR:** JOSE ALMADA  
**PERFORISTA:** GABRIEL ESPINOZA  
**FECHA:** 2016-09-02  
**Ncampo:** 43

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia	ET19122015-1		
Presion de calibración $p_{cal}$ (MPa)	0,432		
U1	1,00E-09	U3	4,20E-03
U2	-4,00E-06	U4	2,69E-02
CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION			
Referencia	CALIBRACION		
Diametro interior de la tubería $d_i$ (mm)	66,0		
Coefficiente de calibración (cm³/MPa)	0,940		
Volume de la sonda $V_s$ (cm³)	479,0		



LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	30,00	45,00	60,00	0,19	59,98
0,50	0,50	0,50	0,50	65,00	75,00	90,00	110,00	0,26	109,95
0,75	0,75	0,75	0,75	115,00	130,00	145,00	160,00	0,35	159,93
1,00	1,00	1,00	1,00	165,00	175,00	185,00	195,00	0,50	194,91
1,25	1,25	1,25	1,25	205,00	210,00	220,00	240,00	0,63	239,88
1,50	1,50	1,50	1,50	245,00	260,00	267,00	270,00	0,81	269,86
3,00	3,00	3,00	3,00	280,00	285,00	300,00	320,00	2,21	319,72
6,00	6,00	6,00	6,00	340,00	345,00	370,00	385,00	5,09	384,44
9,00	9,00	9,00	9,00	400,00	405,00	420,00	430,00	8,03	429,15
12,00	12,00	12,00	12,00	445,00	460,00	480,00	490,00	10,96	488,87
15,00	15,00	15,00	15,00	495,00	500,00	510,00	520,00	13,93	518,59
18,00	18,00	18,00	18,00	520,00	525,00	525,00	525,00	16,93	523,31
21,00	21,00	21,00	21,00	530,00	530,00	535,00	535,00	19,92	533,03
24,00	24,00	24,00	24,00	535,00	537,00	538,00	540,00	22,91	537,74
27,00	27,00	27,00	27,00	540,00	540,00	545,00	548,00	25,91	545,46
30,00	30,00	30,00	30,00	549,00	551,00	553,00	558,00	28,90	555,18
33,00	33,00	33,00	33,00	560,00	560,00	565,00	568,00	31,89	564,90
36,00	36,00	36,00	36,00	570,00	570,00	575,00	577,00	34,89	573,62
39,00	39,00	39,00	39,00	580,00	580,00	582,00	585,00	37,88	581,33
40,00	40,00	40,00	40,00	585,00	587,00	590,00	590,00	38,88	586,24



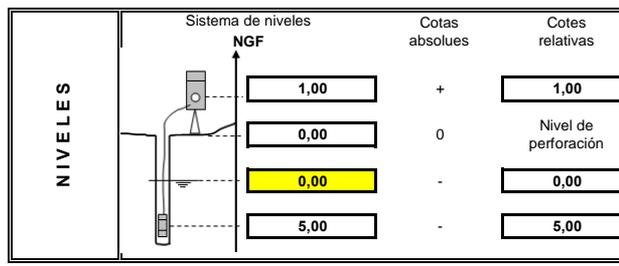
$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	CARGA				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$ t/m²	$G_2$ t/m²	E t/m²	$P_L$ t/m²	$G$ recarga / G carga
	5042,40	1766,61	4709,79	-	-

Vs	479,0	cm³
Vc	319,7	cm³
Pc	2,210	Bar

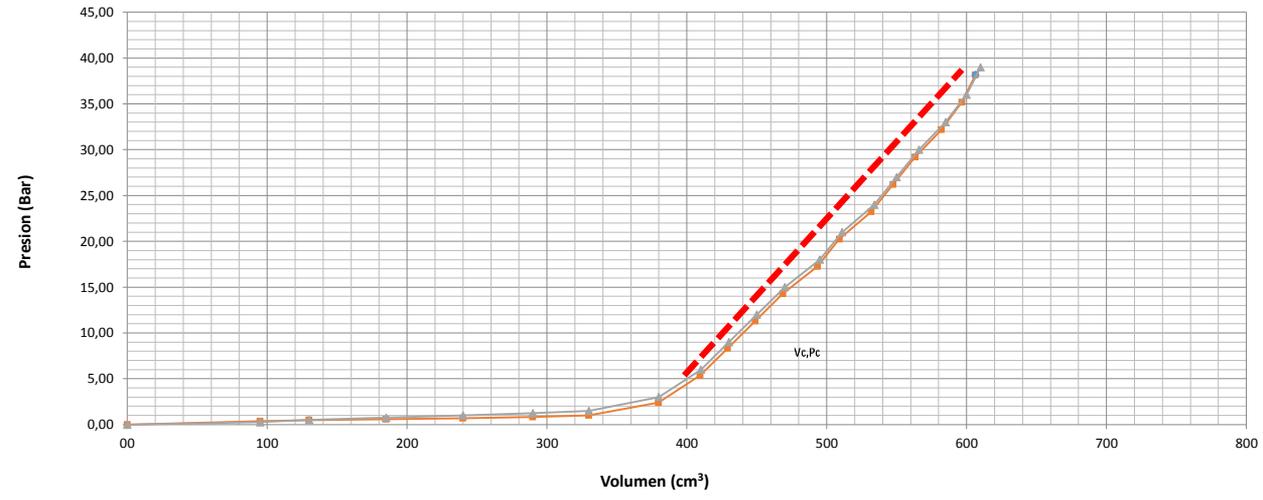
**CONDICIONES AMBIENTALES:**  
 SECO:   X        NEVADO:   -        OTRO:   -    
 LLUVIOSO:   -        NUBLADO:   -    
 TEMPERATURA: \_\_\_\_\_

<b>PROYECTO:</b> _____	<b>TIPO DE SONDA:</b> SENCILLA	
<b>CLIENTE:</b> _____	<b>PROCEDIMIENTO:</b> TIPO A	
<b>LOCALIZACION:</b> <u>CD. VICTORIA, TAMAULIPAS</u>	<b>OPERADOR:</b> JOSE ALMADA	
<b>SONDEO:</b> <u>SC-06</u>	<b>PERFORISTA:</b> GABRIEL ESPINOZA	
<b>PROF.:</b> <u>5</u> m	<b>FECHA:</b> 2016-09-02	
<b>INERCIA</b>	<b>Ncampo:</b> 45	
<b>CALIBRACION</b>		
<b>PERDIDA DE PRESION</b>	Fci	0,9398
<b>PERDIDA DE VOLUMEN</b>	Fcc	0,432124

CALIBRACION POR PERDIDA DE VOLUMEN			
referencia			ET19122015-1
Presion de calibración p <sub>cal</sub> (MPa)			0,432
U1	1,00E-09	U3	4,20E-03
U2	-4,00E-06	U4	2,69E-02
CALIBRACION POR PERDIDA DE PRESION			
Referencia			CALIBRACION
Diametro interior de la tubería d <sub>i</sub> (mm)			66,0
Coeficiente de calibración (cm³/MPa)			0,940
Volume de la sonda V <sub>s</sub> (cm³)			479,0



LECTURAS								Datos corregidos por calibración	
P01 (Bar)	P15 (Bar)	P30 (Bar)	P60 (Bar)	V01 (cm³)	V15 (cm³)	V30 (cm³)	V60 (cm³)	Presion (Bar)	Volumen (cm³)
0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,25	0,25	0,25	0,25	0,00	45,00	70,00	95,00	0,36	94,98
0,50	0,50	0,50	0,50	100,00	108,00	115,00	130,00	0,49	129,95
0,75	0,75	0,75	0,75	140,00	155,00	170,00	185,00	0,58	184,93
1,00	1,00	1,00	1,00	190,00	195,00	220,00	240,00	0,68	239,91
1,25	1,25	1,25	1,25	245,00	260,00	270,00	290,00	0,82	289,88
1,50	1,50	1,50	1,50	295,00	300,00	320,00	330,00	0,99	329,86
3,00	3,00	3,00	3,00	335,00	345,00	360,00	380,00	2,40	379,72
6,00	6,00	6,00	6,00	380,00	385,00	395,00	410,00	5,35	409,44
9,00	9,00	9,00	9,00	405,00	408,00	410,00	430,00	8,33	429,15
12,00	12,00	12,00	12,00	420,00	425,00	427,00	450,00	11,30	448,87
15,00	15,00	15,00	15,00	445,00	460,00	465,00	470,00	14,28	468,59
18,00	18,00	18,00	18,00	480,00	485,00	490,00	495,00	17,25	493,31
21,00	21,00	21,00	21,00	500,00	505,00	520,00	511,00	20,24	509,03
24,00	24,00	24,00	24,00	535,00	540,00	545,00	534,00	23,22	531,74
27,00	27,00	27,00	27,00	570,00	575,00	580,00	550,00	26,21	547,46
30,00	30,00	30,00	30,00	585,00	585,00	587,00	566,00	29,20	563,18
33,00	33,00	33,00	33,00	590,00	590,00	595,00	585,00	32,18	581,90
36,00	36,00	36,00	36,00	600,00	600,00	602,00	600,00	35,18	596,62
39,00	39,00	39,00	39,00	610,00	610,00	610,00	610,00	38,17	606,33



$E_m = 2(1 + \nu) \left[ V_0 + \left( \frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{d_p}{d_v}$ $G_2 = V_0 \frac{d_p}{d_v} \quad E = 2G(1 + \nu)$	<b>CARGA</b>				$E_m/P_{Lm}$
	$E_m$ t/m <sup>2</sup>	$G_2$ t/m <sup>2</sup>	$E$ t/m <sup>2</sup>	$P_L$ t/m <sup>2</sup>	$G_{recarga} / G_{carga}$
	2565,78	798,32	2128,31	-	# VALOR!

<b>Vs</b>	479,0	cm <sup>3</sup>
<b>Vc</b>	379,7	cm <sup>3</sup>
<b>Pc</b>	2,400	Bar

**CONDICIONES AMBIENTALES:**

SECO:     X          NEVADO:     -          OTRO:     -    

LLUVIOSO:     -          NUBLADO:     -    

TEMPERATURA: \_\_\_\_\_