ESTUDIO DE SUELOS

CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA FASE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS MIMBRES, SEDE PRIMARIA, CORREGIMIENTO DE LOS MIMBRES, EN EL MUNICIPIO DE CIÉNAGA DE ORO, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

ALCALDIA MUNICIPAL DE CIENAGA DE ORO

CIENAGA DE ORO -CORDOBA
AGOSTO DE 2026

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 4

2. NORMATIVA Y CARACTERISTICAS DEL PROYECTO EN MENCION 4

2.1 Normativa. 4

2.2 Características del municipio 5

2.2.1 Accidentes Geográficos 6

2.2.2 Marco Geológico Regional 7

2.3 Evaluación preliminar de cargas. 9

2.4 Responsabilidad de los diseños 10

3. ALCANCE Y OBJETIVOS 10

3.1 Alcance. 10

3.2 Objetivos. 11

4. INVESTIGACION DEL SUBSUELO. 12

4.1 Investigación del subsuelo. 12

4.2 Localización del nivel freático. 14

4.3 Ensayos de laboratorio 14

4.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO LOS MIMBRES 15

5. CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE 16

5.1 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ZAPATAS Y TIPO DE CIMENTACION 16

6.ANALISIS DINAMICO Y PRUEBAS DINAMICAS. 21

6.1 Parámetros dinámicos del suelo y perfil de suelo según NSR-10. 21

6.2 Calculo de confiabilidad en parámetros de los suelos y Angulo de fricción interno 23

6.3 Calculo de deformaciones y esfuerzos para un estado de cargas. 24

6.4 Parámetros dinámicos del suelo 26

6.5 Interacción Suelo estructura 27

6.6 Calculo de coeficientes de empuje y análisis dinámico 28

6.7 Asentamientos del elemento objeto de estudio 30

7. TALUDES DE EXCAVACIÓN 32

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LAS ESTRUCTURAS VERTICALES 33

8.1 Recomendaciones para el diseño de la fundación 33

9.2 Recomendaciones para la construcción 35

9. BIBLIOGRAFIAS. 40

10. ANEXOS FINALES 46

10.1 MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD 46

10.2 ANEXOS COMPLEMENTARIOS 46

TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1 LOCALIZACION DEL MUNICIPIO EN COLOMBIA 6
FIGURA 2 GEOLOGIA REGIONAL MUNICIPIO DE CIENAGA DE ORO 8
FIGURA 3 PLANO DE LOCALIZACIÓN EL SIGLO SEDE PRINCIPAL 13
FIGURA 4 PERFIL ESTRATIGRAFICO CONSIDERADO 15
FIGURA 5 CUÑA DE FALLA Y CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 16
FIGURA 6 CAPACIDADES DE CARGA PARA LA EDIFICACION 18
FIGURA 7 EXCENTRICIDAD GENERAL EN CIMIENTOS 19
FIGURA 8 CASO 1 EXCENTRICIDAD 19
FIGURA 9 CASO 2 EXCENTRICIDAD 20
FIGURA 10 CASO 3 EXCENTRICIDAD 20
FIGURA 11 CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN NSR -10 22
FIGURA 12 ESFUERZOS PRINCIPALES 24
FIGURA 13 DIAGRAMA DE DEFORMACIONES DEL SUELO 24
FIGURA 14 ESFUERZOS MÁXIMOS DEL SUELO 25
FIGURA 15 PROPIEDADES DINAMICAS DEL SUELO DE FUNDACION 26
FIGURA 16 CUÑA DE FALLA PARA ANALISIS DE TALUDES 29
FIGURA 17 ASENTAMIENTOS INMEDIATOS Y POR CONSOLIDACION 31
FIGURA 18 FACTORES DE SEGURIDAD BÁSICOS MÍNIMOS DIRECTOS 32

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto denominado CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA FASE DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOS MIMBRES, SEDE PRIMARIA, CORREGIMIENTO DE LOS MIMBRES, EN EL MUNICIPIO DE CIÉNAGA DE ORO, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA se encuentra ubicado en CIÉNAGA DE ORO-CORDOBA, en el cual se planea la construcción de una obra nueva con uso PARA USO INSTITUCIONAL.

2. NORMATIVA Y CARACTERISTICAS DEL PROYECTO EN MENCION

2.1 Normativa.

Los criterios para la ejecución del presente Estudio Geotécnico son los correspondientes para tales fines, establecidos en el TITULO H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, expedido de acuerdo con la Ley 400 de 1997 por medio de sus Decretos 926 y 2525 de 2010 y Decreto 92 de 2011. Tanto el alcance de la exploración como el programa de ensayos de laboratorio está es acorde a lo establecido en el TÍTULO H, de igual forma el análisis y las recomendaciones son acordes a lo establecido es el respectivo Título. Los procedimientos para la ejecución de los trabajos son los establecidos por las normas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas, sobre las cuales hace referencia el respectivo TITILO H. De acuerdo con el numeral H.3.1 y H.3.2 de la NSR-10 el proyecta se clasifica como estructura especial y dado que no requiere unas cargas tan altas de diseño se ejecutará con base en la experiencia del ingeniero especialista.

2.2 Características del municipio

El Municipio de Ciénaga de Oro se encuentra localizado en el Departamento de Córdoba, al Sur de la República de Colombia, en la Región Caribe Colombiana, en el Sinú Medio, en la zona denominada de Sabana, con un área de 50.100 hectáreas que comprende el 2% de la extensión total territorial Departamental, de las cuales el15% son terrenos planos, es decir 7.515 hectáreas; el 5%, de son terrenos quebrados, con 2,505 hectáreas.

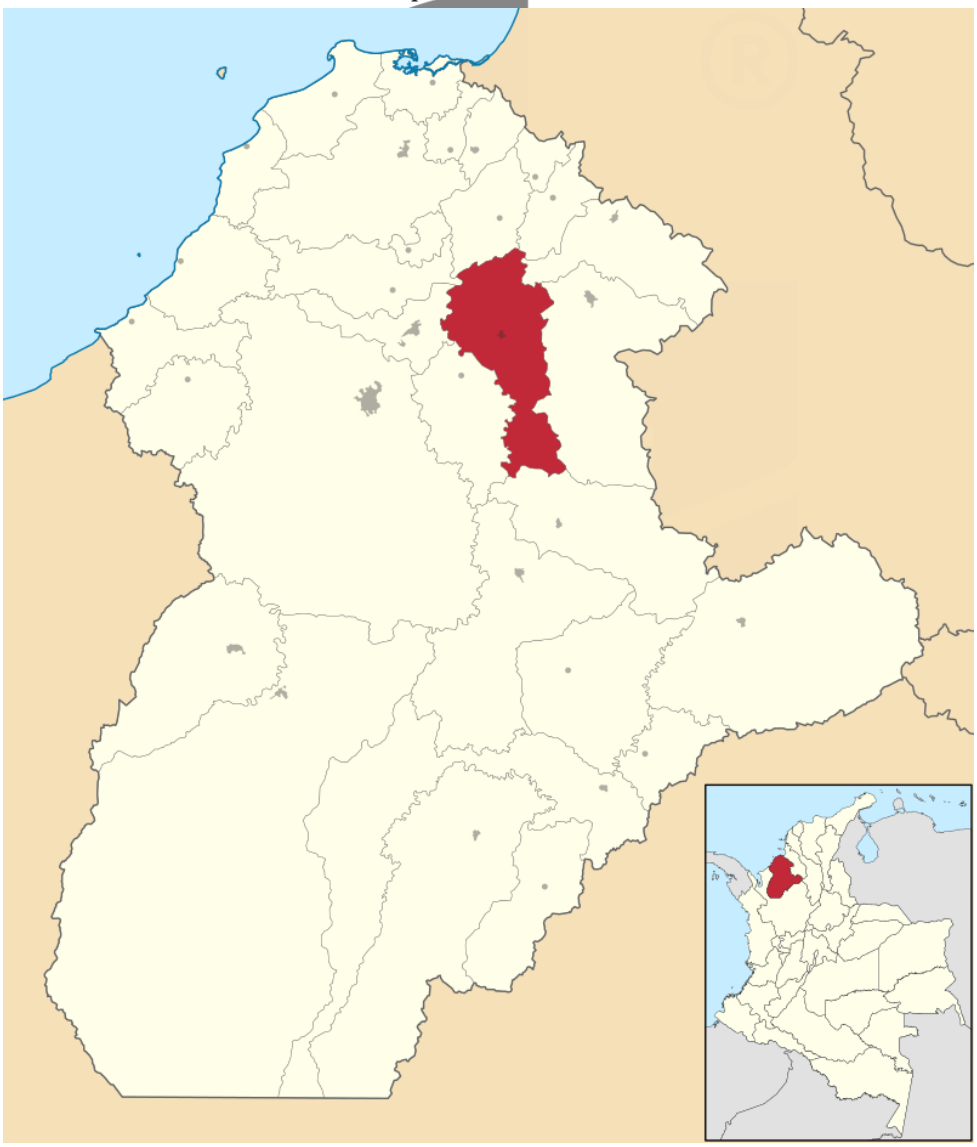


FIGURA 1 LOCALIZACION DEL MUNICIPIO EN COLOMBIA

Limita por el Norte con los Municipios de San Andrés de Sotavento y Chima, por el Sur con el Municipio de Pueblo Nuevo, por el Este con los Municipios de Chinu y Sahagún y por el Oeste con los Municipios de Cerete, San Carlos y San Pelayo.

El Municipio de Ciénaga de Oro, se sienta al costado del Caño de Aguas Prietas o del Floral, que baja de las Serranías de San Carlos, después de recibir las aguas de varias ciénagas que le hacen aumentar el caudal va a desembocar a las aguas del Rio Sinú frente al Municipio de Santa Cruz de Lorica

2.2.1 Accidentes Geográficos.

Se destacan varios accidentes notables, entre ellos las Serranías de San Carlos y la de San Jerónimo y la afluencia de varias Ciénagas y Caño de Aguas Prietas o del Floral.

2.2.2 Marco Geológico Regional

La geología del municipio de Ciénaga de Oro indica la presencia de depósitos aluviales del período cuaternario (Holoceno). Geológicamente el sector se encuentra en la zona de ubicación del Cinturón Plegado del Sinú y el Cinturón de San Jacinto, más específicamente en el segundo. Estos dos cinturones se han formado por la ubicación geográfica que tiene esta zona del país, en donde la complejidad estructural y sedimentaria es producto de la estrecha interrelación y evolución tectono sedimentaria de la esquina noroccidental de Suramérica, donde la interacción de las placas tectónicas del Caribe y de Suramérica ha jugado un papel preponderante. Como resultado de la convergencia de estas placas desde finales del Mesozoico se han formados dos franjas plegadas, conocidas como Cinturón del Sinú, en la parte más occidental costera, y el Cinturón Fragmentado de San Jacinto, en la parte oriental del área, limitadas por el lineamiento del Sinú.

Los depósitos que conforman los suelos de la ciudad son de naturaleza aluvial, producto de la sedimentación que ha producido el río Sinú y sus caños a lo largo de su existencia geológica. Son principalmente de características limo-arcillosas de consistencia media y baja con intercalaciones de depósitos arenosos sueltos, limpios y finos. El cauce del río Sinú a lo largo de su historia geológica ha ido migrando de occidente a oriente lo cual ha hecho que existan meandros y cursos antiguos abandonados.

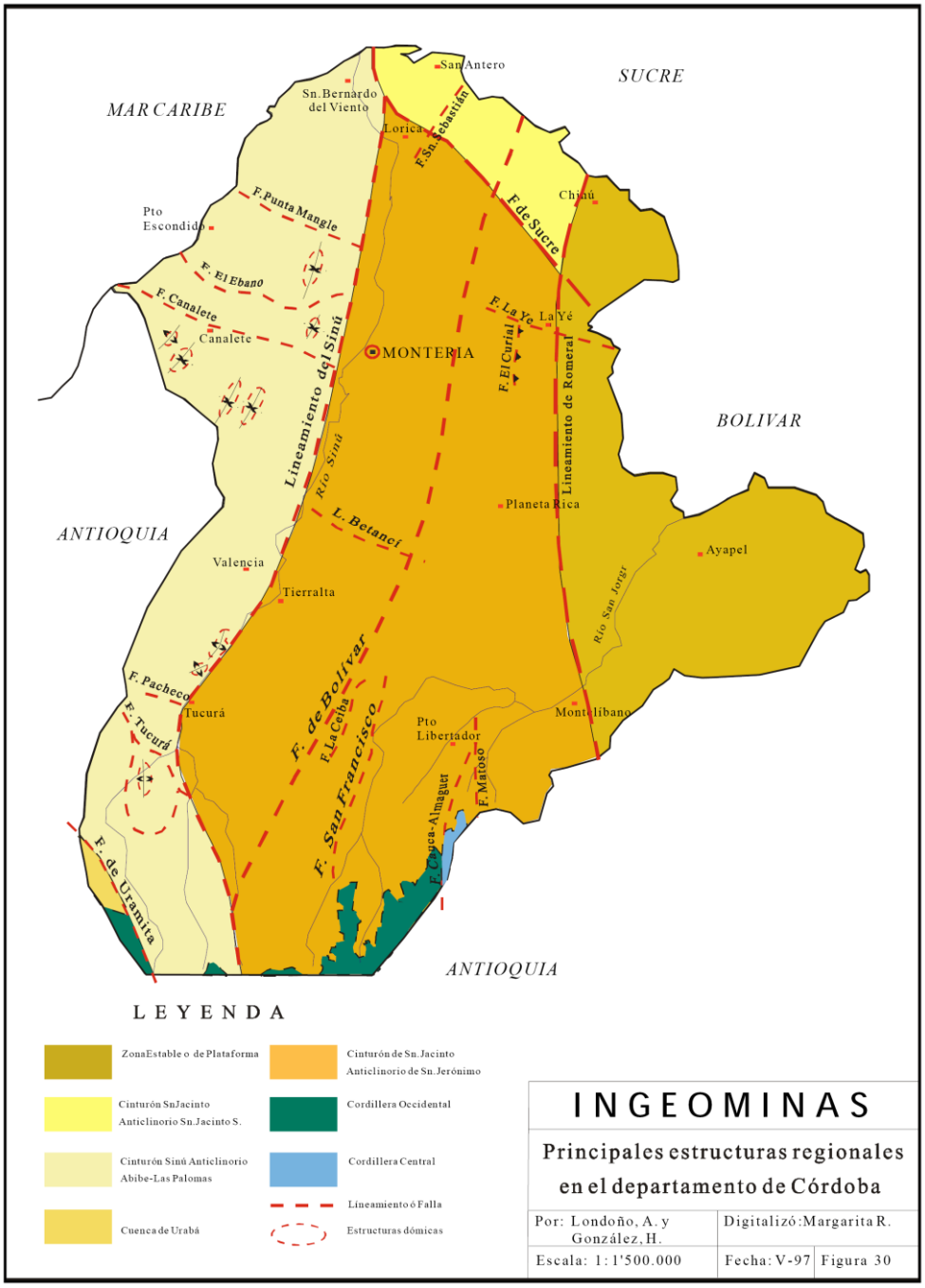


FIGURA 2 GEOLOGIA REGIONAL MUNICIPIO DE CIENAGA DE ORO

2.3 Evaluación preliminar de cargas.

Las cargas para considerar en este tipo de proyectos para un análisis de capacidad portante y asentantamientos serán:

- Cargas muertas debidas al peso propio del elemento
- Cargas vivas
- Cargas debidas a excentricidad
- Fuerzas sísmicas.

El calculista estructural deberá suministrar a esta consultoría el listado de cargas de cimentación resultantes de los diseños para revisar los factores de seguridad de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, título H.2.4. Los listados de cargas a suministrar serán los correspondientes a las siguientes condiciones de análisis de la estructura:

- Carga Muerta + Carga Viva Normal,
- Carga Muerta + Carga Viva Máxima, y,
- Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo Estático aplicado para un R=1 en alguno de los dos sentidos; estas combinaciones de carga son, respectivamente, (B.2.3.7), (B.2.3.2) y (B.2.3.8) del numeral B.2.3.1 de la NSR-10. 8.1.1

2.4 Responsabilidad de los diseños

Esta oficina y en su nombre el profesional responsable del estudio, y conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 "Experiencia del Ingeniero Geotecnia" [Título H, Capítulo H.1, Literal H.1.1.21: Firma de Los Estudios], asumo la responsabilidad del presente Estudio Geotécnico exonerando a las Autoridades Municipales Competentes, conforme a lo establecido por la NSR-10 [Ley 400 de 1997, Título III, Capítulo I, Artículo 5 y 6: Responsabilidad de los Diseños]; en cualquier tipo de caso, situación o eventualidad que pudiera presentarse, en que las obras a que hace referencia el presente estudio no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo, no asumiremos responsabilidad civil ni penal alguna.

3. ALCANCE Y OBJETIVOS

3.1 Alcance.

En este informe se establecen criterios básicos para la elaboración del estudio geotécnico que comprenden la investigación del subsuelo, los análisis de capacidad portante y las recomendaciones necesarios desde el punto de vista geotécnico para la construcción de la obra en mención, de manera que se garantice un adecuado comportamiento de la estructura, se pretende evaluar la información recolectada de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras tomadas de los sondeos.

3.2 Objetivos.

Determinar las condiciones físico-mecánicas de los suelos existentes, además de evaluar la capacidad portante del suelo, y los asentamientos posibles del sistema con base en la información de campo recolectada y sometiendo el suelo a unos estados de carga posibles. Es fundamental que una vez se tenga los diseños estructurales se hagan llegar a esta oficina para su aprobación según el reglamento NSR-10.



4. INVESTIGACION DEL SUBSUELO.

4.1 Investigación del subsuelo.

Para el estudio en mención se realizó un proceso de exploración los cuales se agruparon por zonas de influencia directa y su discriminación se presenta a continuación, en todos y cada uno de los sitios de intereses se ejecutaron 3 Sondeos, de los cuales se recolecto muestras alteradas con el fin de ejecutar los ensayos físicos y mecánicos, tales como límites de attemberg, humedades, compresiones encofinadas, estos valores serán evaluadas con el fin de obtener las características definitivas del suelo de fundación.

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	SEDE	OBRA PARA REALIZAR	EXPLORACION PROPUESTA
LOS MIMBRES	PRIMARIA	5 AULAS ESCOLARES, COMEDOR INSTITUCIONAL, BATERIA SANITARIA , OFICINAS ADMINISTRATIVAS	3 SONDEOS



SONDEO 1 8°57'21.62"N 75°38'58.68"O

SONDEO 2 8°57'22.36"N 75°38'57.70"O

SONDEO 3 8°57'20.89"N 75°38'57.70"O

FIGURA 3 PLANO DE LOCALIZACIÓN LOS MIMBRES

4.2 Localización del nivel freático.

El nivel de aguas freáticas NO fue encontrado en la elaboración del sondeos Sin embargo, se debe prever un correcto manejo de aguas lluvias para que no afecte la construcción de la cimentación estructura del suelo, además se debe prever unos sistemas de bombeo durante al proceso de construcción, para evitar infiltraciones en la estructura sobre la cual se va hacer la fundación para evitar efectos de la oxidación e infiltración que genere empujes verticales que puedan afectar a la misma.

4.3 Ensayos de laboratorio

La totalidad de las muestras recuperadas se inspeccionaron detalladamente y se les ejecuto los siguientes ensayos:

- Estratigrafía.
- Humedad natural.
- Limite líquido.
- Limite plástico.
- Granulometrías.
- Clasificación

4.4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO LOS MIMBRES

A continuación, se indican el perfil estratigráfico encontrados en el sitio objeto de estudio.



Arcilla CH

Numero de golpes n1 := 9

Cohesión c1 := 4.8·n1 c1 = 43.2 KPa

Humedad ω := 35%

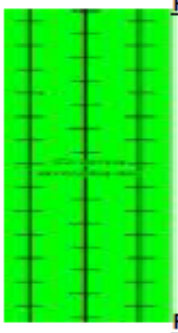
Limite liquido LL := 22

Coeficiente Cc cc1 := 0.007·(LL − 20) cc1 = 0.014

Modulo de elasticidad E1 := 20.5 MPa

Peso unitario $\gamma 1 := 17 \frac{KN}{m^3}$

e1 := 1.45



Arcill CH

Profundidad P1 := 3.0 m n2 := 12

Cohesión c2 := 4.8·n2 c2 = 57.6 KPa

Humedad ω := 8%

Limite liquido LL := 2[illegible]%

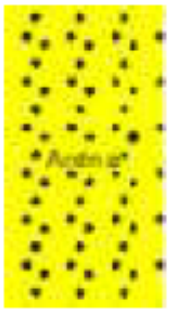
Coeficiente Cc cc2 := 0.007·(LL − 20) cc2 = 0.014

Modulo de elasticidad E2 := 40 MPa

Peso unitario $\gamma 2 := 15 \frac{KN}{m^3}$

e2 := 0.75

Profundidad P2 := 6.0 m n3 := 13



Arcilla CH

Cohesión c3 := 4.8·n3 c3 = 62.4 KPa

Humedad ω := 5%

Limite liquido LL := 21 %

Coeficiente Cc cc3 := 0.007·(LL − 20) $cc3 = 7 \times 10^{-3}$

Modulo de elasticidad E3 := 55 MPa

Peso unitario $\gamma 3 := 19 \frac{KN}{m^3}$

e3 := 1.1

FIN DE SONDEO

Profundidad P3 := 6.0 m

FIGURA 4 PERFIL ESTRATIGRAFICO CONSIDERADO

5. CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

5.1 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ZAPATAS Y TIPO DE CIMENTACION

Para el cálculo de la capacidad portante la NSR-10 recomienda hacer un análisis de capacidad basándose en los principios fundamentales establecidos *POR LOS PROFESORES PECK, TERZAGHI ETC* y cuya formulación la establece en el titulo H, y recomienda un factor de seguridad de 3.0

El análisis de capacidad de carga se basa en el principio del equilibrio límite el cual define tres cuñas de trabajo muy bien definidas, las cuales son: la zona Activa de Rankinee y la zona pasiva, estas zonas están representadas en la siguiente figura:

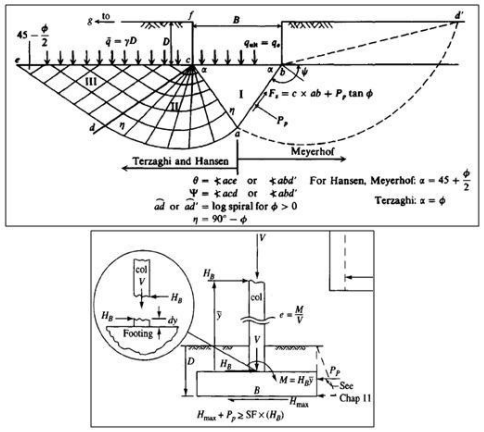


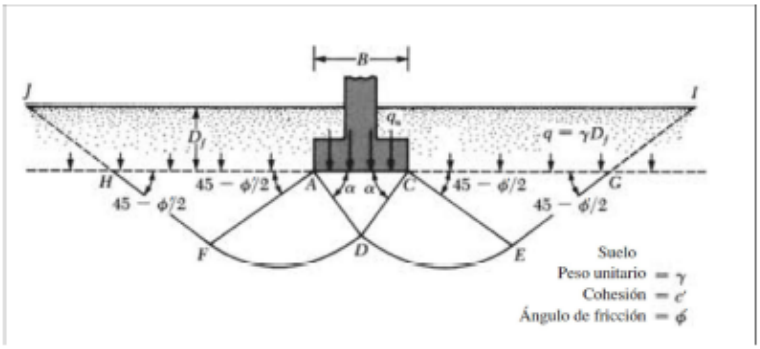
FIGURA 5 CUÑA DE FALLA Y CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

Para el cálculo de capacidad portante se define el tamaño de la cimentación y los parámetros de carga del mismo, los cuales están definidos según las condiciones del suelo las cargas, el tipo de cimentación entre otros, la expresión para el cálculo de la capacidad portante se puede evaluar como

$$\sigma nu = C*Nc*Ic*\delta c*dc*Cc + \gamma*Df*Nq*Iq*\delta q*dq*Cq + 0.5\gamma*B*N\gamma*I\gamma*\delta\gamma*d\gamma*Cc$$

Donde cada uno de los coeficientes es evaluado según las especificaciones del proyecto y entregados como anexo a este informe. Finalmente, para el proyecto en mención se puede establecer que la capacidad portante del suelo para esta edificación estará dada por:

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE



Angulo de fricción interna $\phi := 5$ Grados

Peso unitario del suelo $\gamma := 18$ $\frac{KN}{m3}$

Nivel de fundación $d := 0.5$ m

Ancho cimiento $B := 1.0$ m

Largo del cimiento $L := 1.0$ m

Angulo de inclinacion carga $\beta := 10$ Grados

$$Nq := \left(\tan\left(45\cdot\frac{\pi}{180} + \frac{\phi\cdot\pi}{360}\right)\right)^2\cdot(e)^{\pi\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)} \qquad Nq = 1.568$$

$$Nc := \left(\frac{1}{\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)}\right)\cdot(Nq - 1) \qquad Nc = 6.489$$

$$N\alpha := 2(Nq + 1)\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right) \qquad N\alpha = 0.449$$

Factores de forma

$$Fqs := 1 + \frac{B\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)}{L} \qquad Fqs = 1.087$$

$$Fcs := 1 + \frac{B\cdot Nq}{L\cdot Nc} \qquad Fcs = 1.242$$

$$Fos := 1 - 0.4\cdot\frac{B}{L} \qquad Fos = 0.6$$

Factores de inclinacion

$$Fci := \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 \qquad Fci = 0.79$$

$$Fqi := \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 \qquad Fqi = 0.79$$

$$Foi := \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 \qquad Foi = 1$$

Factores de profundidad

$$Fqd := 1 + 2\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\cdot\left(1 - \sin\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)^2\cdot\frac{d}{B} \qquad Fqd = 1.073$$

$$Fcd := Fqd - \frac{1 - Fqd}{Nc\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)} \qquad Fcd = 1.201$$

$$Fod := 1 \qquad Fod = 1$$

$$qu := c\cdot Nc\cdot Fcs\cdot Fcd\cdot Fci + \gamma\cdot d\cdot Nq\cdot Fqs\cdot Fqi\cdot Fqd + 0.5\cdot\gamma\cdot B\cdot N\alpha\cdot Fos\cdot Foi\cdot Fod \qquad qu = 431.44 \text{ KPa}$$

$$qad := \frac{qu}{3} \qquad qad = 143.813 \text{ KPa}$$

FIGURA 6 CAPACIDADES DE CARGA PARA LA EDIFICACION

El nivel de fundación será de 1.00m con una capacidad portante de 143.813 KPA, para cimientos aislados y 130.51 KPa para cimientos corridos.

Dada las excentricidades y momentos que tiene la estructura se deberá verificar las excentricidades máximas como lo indica la siguiente figura:

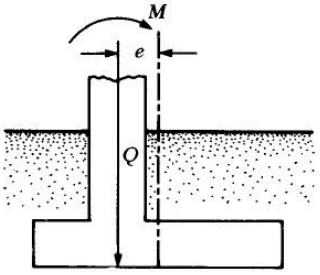


FIGURA 7 EXCENTRICIDAD GENERAL EN CIMIENTOS

Para este caso se pueden considerar los tres casos establecidos y mencionados en la literatura siguen:

- Caso I *e L /L< 1 2 y e B /B> 1 6 el área efectiva de analisis de la cimentacion estara dada por*

A'= 1 2 L 1 B 1 como lo indica la figura

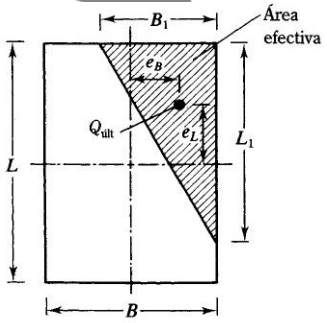


FIGURA 8 CASO 1 EXCENTRICIDAD

- Caso II *e L /L< 1 6 y 0<e B /B< 1 2 el área efectiva de analisis de la cimentacion estara dada por*

A'= 1 2 (L 1 + L 2) B como lo indica la figura

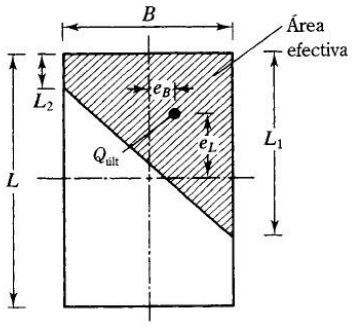


FIGURA 9 CASO 2 EXCENTRICIDAD

- Caso I *e L /L< 1 6 y 0<e B /B> 1 2 el área efectiva de análisis de la cimentación estará dada por*

A'= 1 2 (B 1 + B 2) L (0.0.1) como lo indica la figura

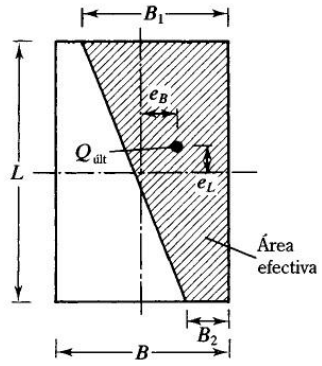


FIGURA 10 CASO 3 EXCENTRICIDAD

6.ANALISIS DINAMICO Y PRUEBAS DINAMICAS.

6.1 Parámetros dinámicos del suelo y perfil de suelo según NSR-10.

Dada la importancia del proyecto es importante evaluar las características dinámicas del suelo, para este se debe considerar las correlaciones dadas por varios autores, entre las cuales se destacan las dadas por el profesor *STEVEN KRAMER DE LA UNIVERSITY OF WASHINGTON*, quien define el módulo de rigidez del suelo como G max =325 × N 60

donde *N 60 es el valor del número de golpes corregido para una eficiencia del 60 % de la energía suministrada por el martillo.* El establece que este valor puede ser evaluado como N 60 = N campo × C N × E campo 0.60 × E ff donde:

- *N campo: Es el número de golpes obtenidos en campo*
- *E campo: Es la energía del martillo en condiciones reales*
- *E ff : Es el valor teórico del martillo (condición ideal de la caída del martillo)*
- *C N : Es un coeficiente que es función del esfuerzo efectivo σ ' o dado por C N = 1 σ 0 ' (0.1.3)*

El profesor A Gonzales en su artículo recomienda que la relación entre la energía de campo y la energía teórica para Colombia se tome como valor de 0.45, por lo cual se puede evaluar el valor N 60 y por ende calcular los valores del módulo de rigidez del suelo. Estos cálculos son evaluados y entregados en el anexo a este informe. a

continuación, se presentan los perfiles de módulo de rigidez y perfil de velocidad en función de la profundidad.

Por lo cual según los establecido en la norma NSR-10 el suelo en mención se clasifica como suelo tipo D, con velocidades de corte medianas a altas..

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\overline{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\overline{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\overline{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\overline{N} \geq 50$, o $\overline{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\overline{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\overline{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\overline{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\overline{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\overline{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

FIGURA 11 CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN NSR -10

6.2 Calculo de confiabilidad en parámetros de los suelos y Angulo de fricción interno

Una de las características importantes a revisar en este proyecto está relacionada con las propiedades de los suelos, y en especial con su fábrica, esos parámetros son los índices de consistencia e índices de liquidez, esto son definidos como:

$$IL= \% \omega - LP\ IP$$

$$IC= LL-\% \omega\ IP$$

para este caso se tomó una muestra representativa de suelos en la cual se valoró estas características y posteriormente se ejecutó un análisis de confiabilidad con el fin de evaluar cuál es la mejor función de densidad de probabilidad que puede ajustarse a cada parámetro. El en caso de este estudio se encontró que para los dos índices se puede evaluar el comportamiento de estas dos propiedades como funciones normales, dando las siguientes características:

$$\mu\ IL = 0.14$$

$$\sigma\ IL = 0.25$$

$$\mu\ IC = 0.32$$

$$\sigma\ IC = 0.15$$

dadas que las características de los suelos con respecto al IL está en el intervalo que el material está en un estado plástico a líquido, y dadas que el IC es inferior a 1 puede indicar un potencial de expansión medio - bajo del material debido al contenido de material tipo motmorillonitas dentro del mismo, por lo tanto esto corrobora que el material puede experimentar unos asentamientos moderados que deben ser tenidos en

cuenta en el diseño estructural, por lo cual las correlaciones indican que el Angulo de fricción interna se puede tomar el valor de:

$$\varphi = 6$$

Por lo cual según los establecido en la norma NSR-10 el suelo en mención se clasifica como suelo tipo D, con velocidades de corte medianas a altas.

6.3 Calculo de deformaciones y esfuerzos para un estado de cargas.

Con este análisis se encontró, los diagramas de deformaciones y esfuerzos, para esto se considera una carga máxima de 187 KPa, para este análisis se toma la siguiente unidad geotécnica, esto se generalizo en todas las unidades sanitarias.

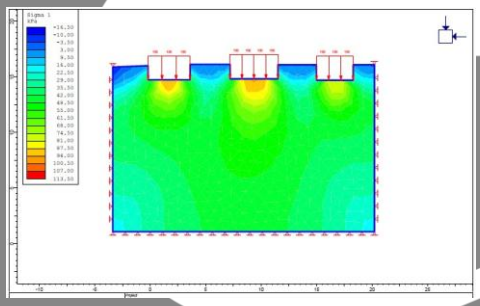


FIGURA 12 ESFUERZOS PRINCIPALES

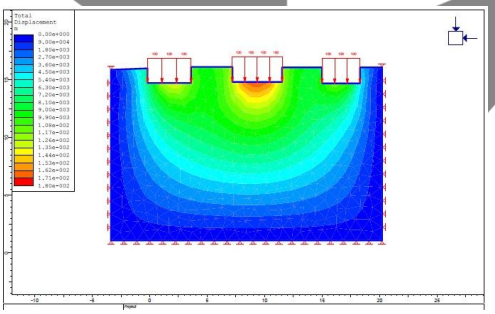


FIGURA 13 DIAGRAMA DE DEFORMACIONES DEL SUELO

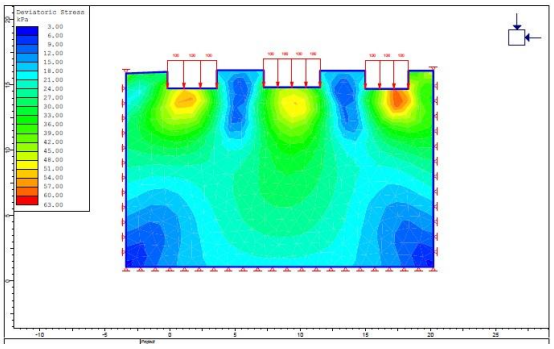


FIGURA 14 ESFUERZOS MÁXIMOS DEL SUELO

6.4 Parámetros dinámicos del suelo

Uno de los parámetros importantes son las curvas de módulo de rigidez y los coeficientes de amortiguamiento del suelo, estos factores se calculan con base en la teoría establecida por el Kramer en su libro *GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING* el cual encuentra que la relación de rigidez esta dado en función los índices de plasticidad y los esfuerzos efectivos medios, y los cuales se evalúan como:

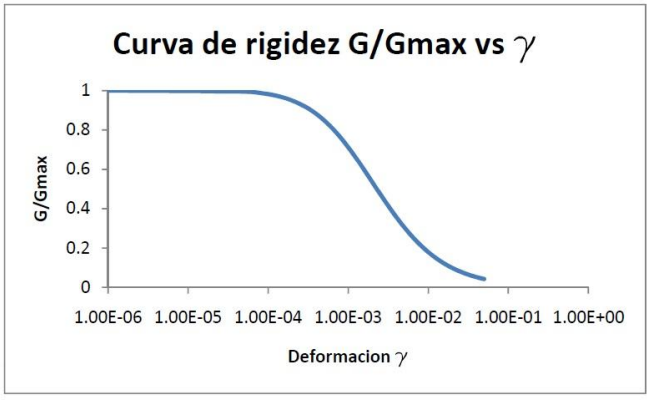
$$\frac{G}{G_{max}} = K(\gamma, IP) \times (\sigma'_m)^{m(\gamma,IP)-m_o}$$

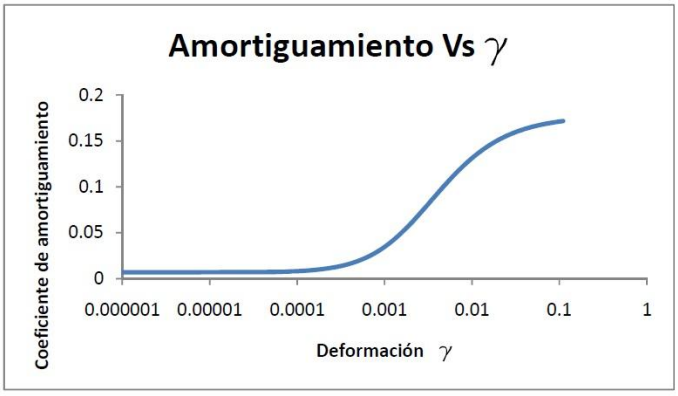
$$m(\gamma, IP) - m_0 = 0{,}272 \times \{1 - tanh[ln(\frac{0{,}000556}{\gamma})^{0{,}4}\} \times e^{-0{,}0145IP^{1{,}3}}$$

$$K(\gamma, IP) = 0{,}5 \times \{1 + tanh[ln(\frac{0{,}000102 + n(PI)}{\gamma})^{0{,}492}]\}$$

$$n(PI) = 7{,}0 \times 10^{-7} IP^{1{,}976}$$

Las curvas para los dos tipos de suelos para la calibración de un modelo para respuesta local se indican a continuación:





Comportamiento dinámico de la capa

Comportamiento del coeficiente de amortiguamiento

FIGURA 15 PROPIEDADES DINAMICAS DEL SUELO DE FUNDACION

6.5 Interacción Suelo estructura

Para el análisis de esto se considera un módulo de reacción del suelo dada por la aproximación de vesic la cual la establece la siguiente ecuación

$$K = \frac{1}{2} \times \frac{E}{1 - \nu^2}$$

Por otro lado, el análisis de compatibilidad angular para cualquier nodo *"i"* define las condiciones de momento para el análisis de cargas, y el análisis de equilibrio establece las condiciones para resolver el sistema de análisis de interacción suelo estructura, estas ecuaciones se indican a continuación:

$$M_{i-1} + 2M_i \times [1 + \frac{L_j}{L_{j-1}}] + [\frac{L_j}{L_{j-1}} M_{i+1}] = \frac{6EI}{L_{j-1}^2 K_i} [\frac{K_i}{K_{i-1}} q_{i-1} - (1 + \frac{L_{j-1}}{L_j}) q_i + (\frac{L_{j-1}}{L_j})(\frac{K_i}{K_{i-1}}) q_{i-1}]$$

$$\frac{M_{i-1} - M_i}{L_{j-1}} + \frac{M_{i+1} - M_i}{L_j} = P_i - Q_i$$

Para este caso se considera que el módulo de reacción en el suelo es constante y la desratización también.

6.6 Calculo de coeficientes de empuje y análisis dinámico

Dentro de las especificaciones de la NSR-10 se requiere que se entregue el valor de los coeficientes de empujes activo, pasivo y sísmico para este tipo de estructuras, estos valores se evalúan siguiendo la metodología de empujes de coulomb, estos coeficientes están definidos como:

- Coeficiente activo:

$$K_a = \frac{sen^2(\beta+\phi)}{sen^2\beta \times sen(\beta-\delta) \times [1+\sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)\times sen(\phi-\alpha)}{sen(\beta-\delta)\times sen(\alpha+\beta)}}]^2}$$

- Coeficiente Pasivo

$$K_a = \frac{sen^2(\beta-\phi)}{sen^2\beta \times sen(\beta+\delta)[1-\sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)\times sen(\phi-\alpha)}{sen(\beta-\delta)\times sen(\alpha+\beta)}}]^2}$$

- Coeficiente en reposo

$$K_o = 1 - sen\phi$$

- Coeficiente activo de tierras en

$$K_{ae} = \frac{sen^2(\beta+\phi-\theta')}{cos\theta' \times sen^2\beta \times sen(\beta-\delta-\theta'))[1+\sqrt{\frac{sen(\phi+\delta)sen(\phi-\alpha-\theta')}{sen(\beta-\delta-\theta')sen(\alpha+\beta)}}]^2}$$

Donde cada uno de los valores son indicados según la figura

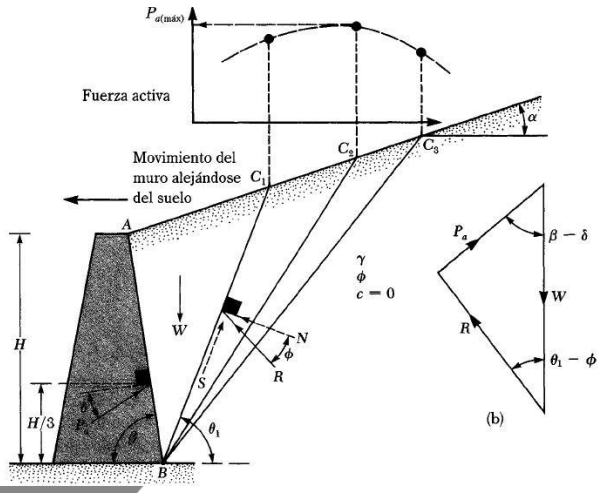


FIGURA 16 CUÑA DE FALLA PARA ANALISIS DE TALUDES

Para este caso los valores a reportar serán:

- Ko=0.5
- Ka=0.55
- Kp=1.86
- Kae=0.689

6.7 Asentamientos del elemento objeto de estudio

Para este sistema objeto de estudio se considera los asentamientos como la suma de unos asentamientos iniciales y otros secundarios, la expresión dada para esto está definida como:

$$s_c = C_r \frac{H_o}{1+e_o} log\left(\frac{\sigma'_p}{\sigma_{vo}}\right) + C_c \frac{H_o}{1+e_o} log(\frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_p})$$

Donde:

- σ ' p: Esfuerzo de preconsolidación.
- σ vo : Esfuerzo vertical efectivo.
- Δ σ v: Sobre esfuerzo debido a la sobrecarga.
- H o: Espesor de la capa consolidable.
- C r: Índice de re-compresión.
- C c : Índice de compresión.

Para el cálculo de los esfuerzos externos se considera una presión externa de contacto de 150 KPa, lo cual es suministrado por el peso propio de las losas y el tirante de agua, por lo tanto, el cálculo del incremento se esfuerzo se hace por la teoría de Newmark para una esquina, la cual tiene un valor de

$$\Delta\sigma_v = \frac{60(dxdy)z^3}{2\pi(x^2+y^2+z^2)^{5/2}} = 20I_o$$

Los valores de los asentamientos son calculados a continuación.

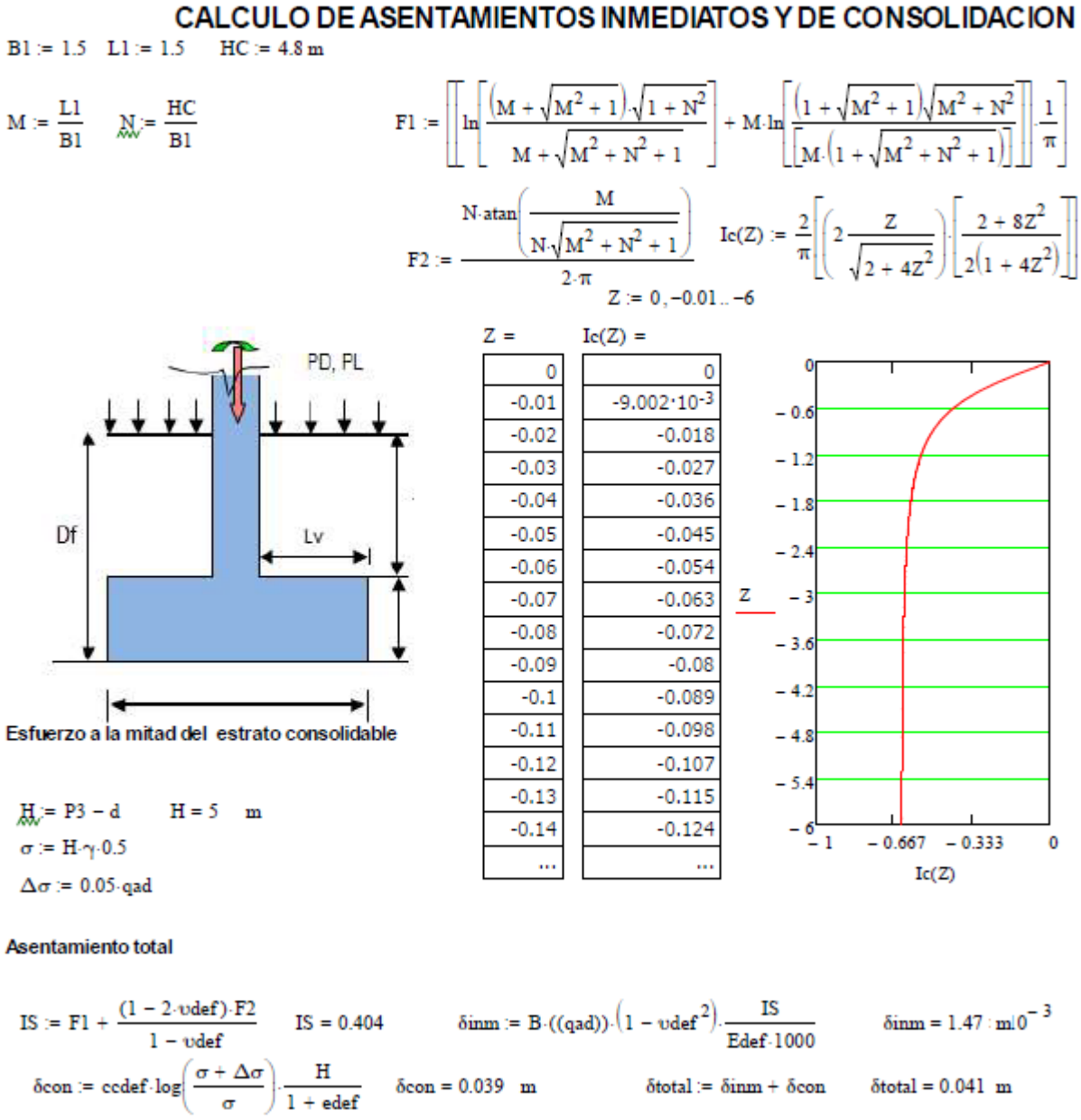


FIGURA 17 ASENTAMIENTOS INMEDIATOS Y POR CONSOLIDACION

Estos son los asentamientos admisibles por la NSR-10 establece es su título H, y lo cuales están dentro del orden de magnitud de la NSR-10

7. TALUDES DE EXCAVACIÓN

Se requiere entibado en la excavación para minimizar el volumen de excavación la profundidad es mayor a 1,5 m deben entibarse, de acuerdo con la especificación NEGC 202 y el Artículo 616 del Estatuto de Seguridad Industrial, resolución No 02400 de 1979 solo se exige cumplir estrictamente con los factores de seguridad hasta 1,5 m.

Para mayores profundidades los entibados serán los responsables de asumir los empujes del terreno con factores de seguridad de acuerdo con la Tabla 4 y con niveles de deformación inferiores a 1/300.

CONDICIÓN	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1,50	1,25	1,80	1,40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1,25	1,10	1,40	1,15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1,10	1,00(*)	No se permite	No se permite
Taludes - Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1,50	1,25	1,80	1,40
Taludes - Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1,05	1,00(*)	No se permite	No se permite
(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño				

FIGURA 18 FACTORES DE SEGURIDAD BÁSICOS MÍNIMOS DIRECTOS

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LAS ESTRUCTURAS VERTICALES

8.1 Recomendaciones para el diseño de la fundación

1. Todos los análisis encontrados en este estudio se basan en una exploración, en caso de encontrar una estratigrafía diferente se debe informar inmediatamente para hacer los ajustes necesarios.

2. Se debe realizar una excavación hasta la profundidad de desplante con un talud 1H:2V o utilizando entibado y mejorar el suelo de fundación en 0.30m con Material Granular.

3. Toda la información fue obtenida por trabajos de campo realizados en el lugar objeto de estudio por la compañía GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL SAS.

4. La cimentación recomendada para esta edificación será un sistema de zapatas aisladas apoyadas en el primer estrato.

5. Se deberá tener un nivel de -1.00 m como mínimo para evitar efectos de excentricidad dejar profundidad puede generar arrancamiento por efectos sísmicos.

6. El calculista estructural deberá suministrar a esta consultoría el listado de cargas de cimentación resultantes de los diseños para revisar los factores de seguridad de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, título H.2.4. Los listados de cargas a suministrar serán los correspondientes a las siguientes condiciones de análisis de la estructura: 1) Carga Muerta + Carga Viva Normal, 2) Carga Muerta + Carga Viva Máxima, y, 3) Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo Estático aplicado para un R=1 en alguno de los dos sentidos; estas combinaciones de

carga son, respectivamente, (B.2.3.7), (B.2.3.2) y (B.2.3.8) del numeral B.2.3.1 de la NSR-10. 8.1.1.

7. Se deberá considerar mínimo un recubrimiento de 7 cm dentro del diseño del elemento.

8. Desde la escarificación la caja de excavación se dejará con una pendiente del 0,5 % para drenaje a dos (2) aguas.

9. Una vez realizado este procedimiento, se instalará una tela de geotextil tejido T2100 ó Similar en la subrasante mejorada, sobre la que se construirán las capas granulares de acuerdo con los espesores estipulados

10. Se deberá verificar los efectos de excentricidad de carga y no que la carga caiga en el tercio central el elemento para evitar efectos de comportamiento a tracción del suelo.

11. Todos los concretos nuevos para la ampliación de la cimentación deberá tener mínimo una resistencia de 28 MPa.

12. Los análisis de confiabilidad de los parámetros de la fábrica del suelo, indican material muy susceptible a los cambios del agua, razón por la cual el suelo de soporte podrá tener unos asentamientos inferiores a 5 cm, por lo cual se deberá hacer una verificación de interacción suelo estructura.

13. Para todo tipo de análisis de interacción suelo estructura se puede tomar como módulo de reacción del suelo como INDICA EL INFORME EN SU PARTE ANTERIOR.

14. Los valores de ondas de corte en el suelo son altos debidos a la baja rigidez relativa del suelo por la presencia de materiales tipo SC altos índices de liquidez

15. Para todos los empujes se debe tomar los valores de coeficientes reportados en este informe, y se deberá trabajar preferiblemente con el coeficiente del empuje en reposo del suelo.

16. Para el análisis de los empujes debido a fuerzas sísmicas se debe considerar el Kea reportado acá.

9.2 Recomendaciones para la construcción

1. Se debe prever un sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua durante el proceso de construcción de la cimentación y evitar infiltraciones hacia el suelo

2. Las excavaciones para la construcción de los cimientos pueden ser realizadas a cielo abierto bien sea con herramienta manual o con equipo mecánico, teniendo en cuenta las precauciones necesarias, como por ejemplo si se presentan desprendimientos de suelo, realizar un revestimiento en concreto lanzado para evitar este problema.

3. En el caso de proyectar excavaciones contiguas a construcciones adyacentes se ejecutarán en talud vertical y se deberán entibar para evitar la afectación de la estabilidad en dichas construcciones, de no ser posible está alternativa se recomienda submurar las cimentaciones vecinas.

4. En el caso de ocurrencia de lluvias durante las excavaciones se debe tapar con plástico las mismas con el fin de evitar que se deposite agua en las excavaciones, evitando así el uso de sistemas de bombeo y el reblandecimiento del suelo de fundación.

5. El Recebo granular o suelo cemento y demás materiales de relleno utilizados en el proyecto deben ser compactados en capas de 0.15 m. El recebo granular se compactará hasta obtener el 95% de la densidad óptima del ensayo Proctor Modificado; para el suelo cemento el porcentaje de compactación será del 98% del Proctor estándar.

6. En cuanto a la protección de los drenajes naturales se deben seguir lo especificado por las autoridades competentes del municipio y/o empresa de servicios públicos del municipio en cuanto a que se deben respetar las rondas de estos canales (distancias mínimas de las obras proyectadas al canal), en general las obras de drenaje de la edificación no deberán evacuar a los canales naturales ni durante la etapa de construcción ni luego de terminar las obras.

7. El concreto utilizado será el concreto de planta o mezclado in situ con una especificación mínima de 28 Mpa, los cuales deberían cumplir las especificaciones de la NSR-10 capitulo C durabilidad y puesta en obra

8. Todo tipo de excavación deberá ejecutarse con un talud cuyas proporciones estén en 1/2: H/V debido a la cohesión del suelo y evitar daños y derrumbes del material, sin embargo, se debe entibar y apuntalar todo tipo de excavación que se haga con el fin de evitar daños colaterales.

9. No se deberá acudir al uso de sistemas de excavación que pudieran dañar excesivamente el terreno adyacente. Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se atenderá a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se adoptarán las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas; deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación; encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

10. La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

11. La excavación de la obra se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor. Toda sobre-excavación que haga el Constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Interventor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas.

12. Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación deberá ser asumido por el Constructor, quién deberá reponer el bien a entera satisfacción de su propietario.

13. Se deberá impermeabilizar todo el concreto para evitar daños por carbonatación y oxidación del acero.

14. Durante la ejecución de los trabajos, se deberá efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos.
- Verificar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de la actividad especificada.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

15. Con respecto a los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación y de la correspondiente partida de trabajo.

16. El contratista deberá presentar un informe detallado al terminar de fundir cada zapata, donde se presente, el perfil de suelo encontrado, volumen de concreto utilizado, tiempo de excavación, tiempo de carga e imprevistos.

17. Todos los materiales para utilizar deberán cumplir las especificaciones dadas por la NSR-10 y norma invias INV- 2013.



9. BIBLIOGRAFIAS.

- Reability - Based in civil Engineering, Milto E Harr, Editorial DOVER, 1996
- Estadistical, probabability and reliability for civil and enviromental engineers, Nathabandu T & Renzo Rosso, Editorial MC GRAW HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1998
- Introduction to reliability engineering, F.E Lewis, Editorial WILEY1994
- Reliability and stadistical in geotechnical Engineering, Gregory B Baecher & Jhon T Christian, Editorial WILEY, 2003
- Reliability - based desing in geotechnical engineering, computations and aplications, Kok-Kwang, Editorial TAYLOR AND FRANCIS, 2008
- The mechanics of soils and foundations, Jhon Atkinson, Editorial, TAYLOR AND FRANCIS, 2009
- Continuun mechanics foundamentals, S Valliappan, Editorial AA BELKEMA, 1981
- Probabilistic method in geotechnical engineering, Editado Gordon Fenton, 1996
- Critical state soil mechanics, Andrew Schofield and Peter Wroth, Editorial TAYLOR AND FRANCIS, 1999
- Soils and Waves, J. Carlos Santamarina, Editorial WILEY, 2001.

- Mecanica de medios continuos para ingenieros, Xavier Oliver Olivella, Editorial ALFA Y OMEGA, 2002
- Soils mechanics, Arnold Verruijt, Editorial Delft University of Technology, 2001
- Soils Diynamics, Arnold Verruijt, Editorial Delft University of Technology, 2001
- Foundamentals of soils behavior, James Mitchell, editorial WYLEY, 2005
- Propiedades geofisicas de los suelos, Joseph E Bowles, Editorial MC GRAW HILLL, 1982
- Design analysis of beam, circular plates and cylindrical tanks on elastic foundations, Edmund Melerski, Editorial TAYLOR AND FRANCIS, 2000
- Prection and performance in geotechnical engineering, , R.C Joshi & E.J Griffiths, editorial Belkema 1987
- Recent development in laboratory and field test and analysis of geotechnical problems, S. Chandra & D.T bergado Editorial Belkema, 1987
- Soils strength and slope stability, J. Duncan And S Wright, Editorial Jhon Wiley & sons Inc.
- Computer and physical modelling in geotechnical engineering, S. Chandra et al, Editorial Belkema 1989.
- Continuum mechanics, G Mase , Editorial McGraw Hill book Company.

- Advanced unsaturated soil mechanics and engineering, W.W. Charles & B Menzies Editorial Taylor & Francis group.
- Soils mechanics, R.F Craig, Editorial Taylor & Francis group.
- Soil liquefaction during earthquakes, M Idriss & R.W Boulanger editorial Earthquake engineering research institute.
- Principles of soil dynamics, B.Das, Editorial PWS KENT Publishing Company.
- Critical state soil mechanics, Schofield & Wroth Lectures in engineering at cambridge university.
- Dinamica de suelos y estructuras, R Colindres, Editorial Limusa
- Handbook of machine foundations, P Srinivasulu & C.V Vaidyanathan, Editorial McGraw Hill book Company
- A short course of getechnical site investigation, N.Simons & B Menzies, Editorial THOMAS TELFORD
- Desing of pile foundations in liquefiable soils, G. Madabhushi & Knappett Editorial Imperial College Press
- Pile Desing for structural and geotechnical engineers, R. Rajapakse, Editorial McGraw Hill book Company

- Computational geomechanics with special reference to earthquake engineering, O Zienkiewicz, C. Chan, M Pastor, B.A Schrefler & T.Shiomi Editorial Jhon Wiley & sons Inc
- Embedded retaining walls, guidance for economics desing, A . R Gaba et al, Editorial Jhon Wiley & sons Inc
- In situ testing and soils propieties correlations, In situ 2007 Bali indonesia.
- Code of practice for earth retaining structures, ICS 2008
- Soil liquefaction a critical state approach, M. Jefferies & K. Been Editorial Taylor & Francis group
- Seepage In soils principles and applications, L. Reddi Editorial Jhon Wiley & sons Inc
- Soil - Structure Engineering of deep foundations WW Charles Editorial Thomas Telford
- Organizing and evaluating uncertainty in geotechnival engineering, R Whitman, journal of geotechnical and environmental engineering/ July 2000
- The observationals methods in geotechnics, D Patel/ Arup Geotecnnics.
- The observational method-Learning from projects. Powderham A. Director /Institutions of civil engineers Vol 115 Juanry 2002
- Strength of undisturbed versus reconstituted silt and silty sand speciment, Long M, journal of geotechnical and environmental engineering/ November 2001

- Effects of sampling on the undrained behaviour of clayey sands, D.W Hight, Geotechnique Vol 45, No 2/1995
- THE OBSERVATIONAL METHOD – LEARNING FROM PROJECTS Alan Powderham, FREng BSc, CEng, FICE, MIStructE, Director, Mott MacDonald/s001
- Geotechnical Data Management Initiatives at Caltrans Loren L. Turner1, Craig Hannenian2, and Steve Mahnke3 1California Department of Transportation, Research & Innovation, GeoResearch Group, 5900 Folsom Blvd.
- Computer tomographic analysis of undisturbed samples of loose sands Norbert Pralle, Malte L. Bahner, and Josef Benkler/ Can . Geotech J/2001
- Potential improvements of design parameters by taking block samples of soft marine Norwegian clays Toralv Berre, Tom Lunne, Knut H. Andersen, Stein Strandvik, and Morten Sjursen/Can. Geotech J/2007
- A study of soil disturbance of Pusan clays with reference to drilling, sampling and extruding S. G. CHUNG*, J. M. KWAG*, P. H. GIAO*, S. H. BAEK† and K. N. PRASAD*
- Effects of sampler design on tube sampling disturbanceÐnumerical and analytical investigations C. R. I . CLAYTON, A. SIDDIQUE and R. J. HOPPER
- Liquefaction Resistance of Undisturbed and Reconstituted Samples of a Natural Coarse Sand from Undrained Cyclic Triaxial Tests Vito Nicola Ghionna1 and Daniela Porcino2/journal of geotechnical and environmental engineering/ November 2007

- Laboratory Simulation of Field Sampling: Comparison With Ideal Sampling and Field Data Marika Santagata, M.ASCE1; Joseph V. Sinfield, M.ASCE2; and John T. Germaine, M.ASCE3/journal of geotechnical and environmental engineering/ March 2003

- A method for correlating large penetration test (LPT) to standard penetration test (SPT) blow counts Chris R. Daniel, John A. Howie, and Alex Sy/Can . Geotech J/2007

- Review of Standard Penetration Test Short Rod Corrections Chris R. Daniel1; John A. Howie2; R. Scott Jackson3; and Brian Walker4/journal of geotechnical and environmental engineering/ March 2005

- Energy Efficiency for Standard Penetration Tests Edgar Odebrecht1; Fernando Schnaid2; Marcelo Maia Rocha3; and George de Paula Bernardes4/journal of geotechnical and environmental engineering/ March 2005

- Simplified Cone Penetration Test-based Method for Evaluating Liquefaction Resistance of Soils C. Hsein Juang1; Haiming Yuan2; Der-Her Lee3; and Ping-Sien Lin4/journal of geotechnical and environmental engineering/ March 2003

- CPT-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential R. E. S. Moss, M. ASCE1/journal of geotechnical and environmental engineering/ March 200

10. ANEXOS FINALES

10.1 MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

10.2 ANEXOS COMPLEMENTARIOS

- Cálculo de capacidad portante
- Plano de localización de sondeos
- Perfiles estratigráficos
- Resultados de laboratorio
- Tarjetas profesionales

PERFIL ESTRATIGRAFICO CONSIDERADO PARA EL DISEÑO

Arcilla CH



Numero de golpes $n1 := 9$

Cohesión $c1 := 4.8 \cdot n1$ $c1 = 43.2$ KPa

Humedad $\omega := 35\%$

Limite liquido $LL := 22$

Coeficiente Cc $cc1 := 0.007 \cdot (LL - 20)$ $cc1 = 0.014$

Modulo de elasticidad $E1 := 20.5$ MPa

Peso unitario $\gamma 1 := 17 \frac{KN}{m^3}$

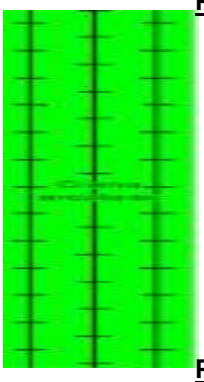
$e1 := 1.45$

Propiedades dinamicas de las capas

Relacion de poisson de cada capa

$\upsilon 1 := 0.30$ $\upsilon 2 := 0.25$ $\upsilon 3 := 0.25$

Arcill CH



Profundidad $P1 := 3.0$ m $n2 := 12$

Cohesión $c2 := 4.8 \cdot n2$ $c2 = 57.6$ KPa

Humedad $\omega := 8\%$

Limite liquido $LL := 22\%$

Coeficiente Cc $cc2 := 0.007 \cdot (LL - 20)$ $cc2 = 0.014$

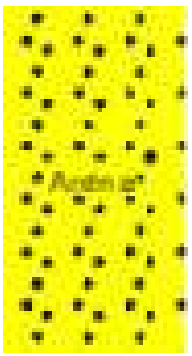
Modulo de elasticidad $E2 := 40$ MPa

Peso unitario $\gamma 2 := 15 \frac{KN}{m^3}$

$e2 := 0.75$

Profundidad $P2 := 6.0$ m $n3 := 13$

Arcilla CH



Cohesión $c3 := 4.8 \cdot n3$ $c3 = 62.4$ KPa

Humedad $\omega := 5\%$

Limite liquido $LL := 21$ %

Coeficiente Cc $cc3 := 0.007 \cdot (LL - 20)$ $cc3 = 7 \times 10^{-3}$

Modulo de elasticidad $E3 := 55$ MPa

Peso unitario $\gamma 3 := 19 \frac{KN}{m^3}$

$e3 := 1.1$

FIN DE SONDEO

Profundidad $P3 := 6.0$ m

Modulos de rigidez

$$Gcapa := \begin{bmatrix} (1.5788) \cdot (0.8n1)^{0.68} \\ (1.5788) \cdot (0.8n2)^{0.68} \\ (1.5788) \cdot (0.8n3)^{0.68} \end{bmatrix}$$

$$cci := \begin{pmatrix} cc1 \\ cc2 \\ cc3 \end{pmatrix} \quad a := \begin{pmatrix} c1 \\ c2 \\ c3 \end{pmatrix} \quad z := \begin{pmatrix} P1 \\ P2 - P1 \\ 9 - P2 \end{pmatrix}$$

Parametros considerados

$c := z \cdot \frac{a}{P3}$ $c = 54.4$ KPa

$ei := \begin{pmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \end{pmatrix}$ $Ei := \begin{pmatrix} E1 \\ E2 \\ E3 \end{pmatrix}$

$ccdef := cci \cdot \frac{z}{P3}$ $ccdef = 0.012$

$Edef := Ei \cdot \frac{z}{P3}$ $Edef = 38.5$ MPa

$edef := ei \cdot \frac{z}{P3}$ $edef = 1.1$

$\upsilon i := \begin{pmatrix} \upsilon 1 \\ \upsilon 2 \\ \upsilon 3 \end{pmatrix}$

$\upsilon def := \upsilon i \cdot \frac{z}{P3}$ $\upsilon def = 0.267$

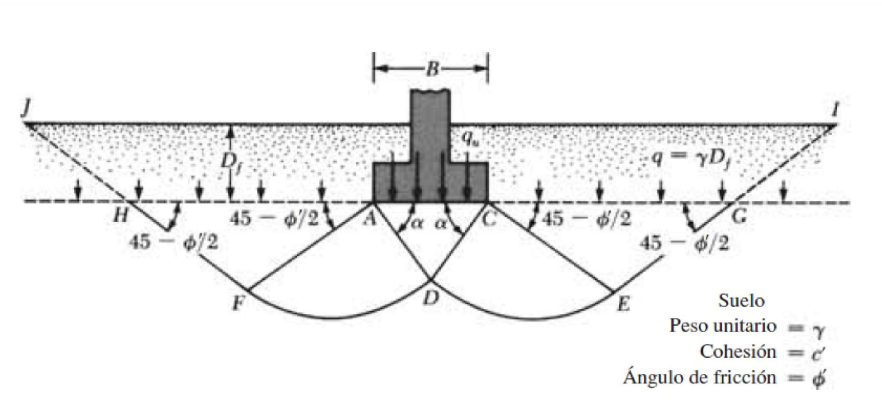
Velocidades de corte en cada capa

$$Vcapa := \begin{bmatrix} \left[\frac{100000}{\gamma 1} \cdot [1.5788(0.8n1)]^{0.68}\right]^{0.5} \\ \left[\frac{100000}{\gamma 2} \cdot [1.5788(0.8n2)]^{0.68}\right]^{0.5} \\ \left[\frac{100000}{\gamma 3} \cdot [1.5788(0.8n3)]^{0.68}\right]^{0.5} \end{bmatrix}$$

$$Vcapa = \begin{pmatrix} 175.267 \\ 205.759 \\ 187.865 \end{pmatrix} \frac{m}{s}$$

$$Gcapa = \begin{pmatrix} 6.044 \\ 7.35 \\ 7.761 \end{pmatrix} \text{MPa}$$

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE



Angulo de fricción interna $\phi := 5$ Grados

Peso unitario del suelo $\gamma := 18$ $\frac{KN}{m3}$

Nivel de fundación $d := 0.5$ m

Ancho cimiento $B := 1.0$ m

Largo del cimiento $L := 1.0$ m

Angulo de inclinacion carga $\beta := 10$ Grados

$$Nq := \left(\tan\left(45\cdot\frac{\pi}{180} + \frac{\phi\cdot\pi}{360}\right)\right)^2\cdot(e)^{\pi\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)} \qquad Nq = 1.568$$

$$Nc := \left(\frac{1}{\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)}\right)\cdot(Nq - 1) \qquad Nc = 6.489$$

$$N\alpha := 2(Nq + 1)\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right) \qquad N\alpha = 0.449$$

Factores de forma

$$Fqs := 1 + \frac{B\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)}{L} \qquad Fqs = 1.087$$

$$Fcs := 1 + \frac{B\cdot Nq}{L\cdot Nc} \qquad Fcs = 1.242$$

$$F\alpha s := 1 - 0.4\cdot\frac{B}{L} \qquad F\alpha s = 0.6$$

Factores de inclinacion

$$Fci := \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 \qquad Fci = 0.79$$

$$Fqi := \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2 \qquad Fqi = 0.79$$

$$F\alpha i := \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 \qquad F\alpha i = 1$$

Factores de profundidad

$$Fqd := 1 + 2\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\cdot\left(1 - \sin\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)^2\cdot\frac{d}{B} \qquad Fqd = 1.073$$

$$Fcd := Fqd - \frac{1 - Fqd}{Nc\cdot\tan\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)} \qquad Fcd = 1.201$$

$F\alpha d := 1$

$$qu := c\cdot Nc\cdot Fcs\cdot Fcd\cdot Fci + \gamma\cdot d\cdot Nq\cdot Fqs\cdot Fqi\cdot Fqd + 0.5\cdot\gamma\cdot B\cdot N\alpha\cdot F\alpha s\cdot F\alpha i\cdot F\alpha d \qquad qu = 431.44 \quad KPa$$

$$qad := \frac{qu}{3} \qquad qad = 143.813 \quad KPa$$

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS Y DE CONSOLIDACIÓN

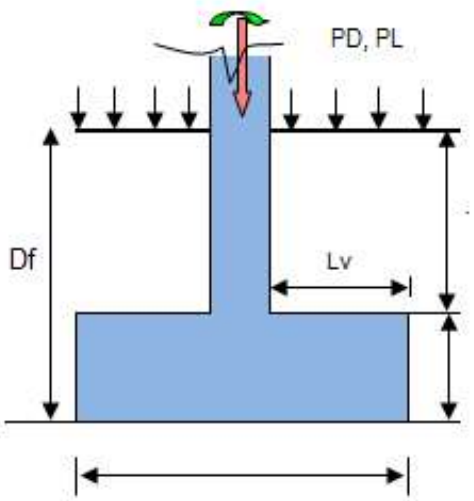
B1 := 1.5 L1 := 1.5 HC := 4.8 m

$$M := \frac{L1}{B1} \qquad N := \frac{HC}{B1}$$

$$F1 := \left[\left[\ln\left[\frac{\left(M+\sqrt{M^2+1}\right)\cdot\sqrt{1+N^2}}{M+\sqrt{M^2+N^2+1}}\right] + M\cdot\ln\left[\frac{\left(1+\sqrt{M^2+1}\right)\sqrt{M^2+N^2}}{\left[M\cdot\left(1+\sqrt{M^2+N^2+1}\right)\right]}\right]\right]\cdot\frac{1}{\pi}\right]$$

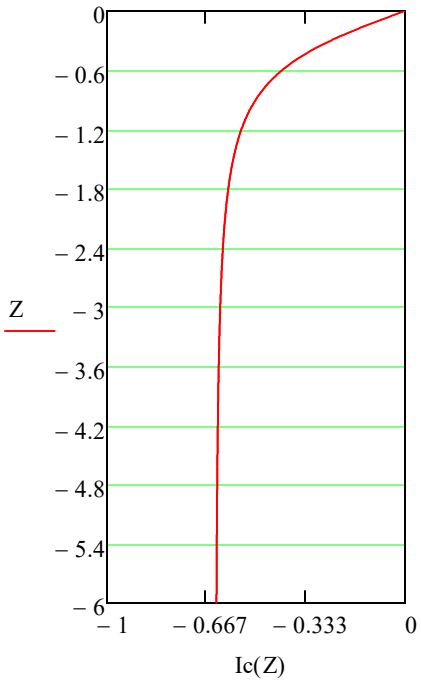
$$F2 := \frac{N\cdot\operatorname{atan}\left(\frac{M}{N\cdot\sqrt{M^2+N^2+1}}\right)}{2\cdot\pi} \qquad Ic(Z) := \frac{2}{\pi}\left[\left(2\frac{Z}{\sqrt{2+4Z^2}}\right)\cdot\left[\frac{2+8Z^2}{2\left(1+4Z^2\right)}\right]\right]$$

Z := 0, −0.01 .. −6



Esfuerzo a la mitad del estrato consolidable

Z =	Ic(Z) =
0	0
-0.01	$-9.002\cdot10^{-3}$
-0.02	-0.018
-0.03	-0.027
-0.04	-0.036
-0.05	-0.045
-0.06	-0.054
-0.07	-0.063
-0.08	-0.072
-0.09	-0.08
-0.1	-0.089
-0.11	-0.098
-0.12	-0.107
-0.13	-0.115
-0.14	-0.124
...	...



H := P3 − d H = 8.5 m

σ := H·γ·0.5

Δσ := 0.05·qad

Asentamiento total

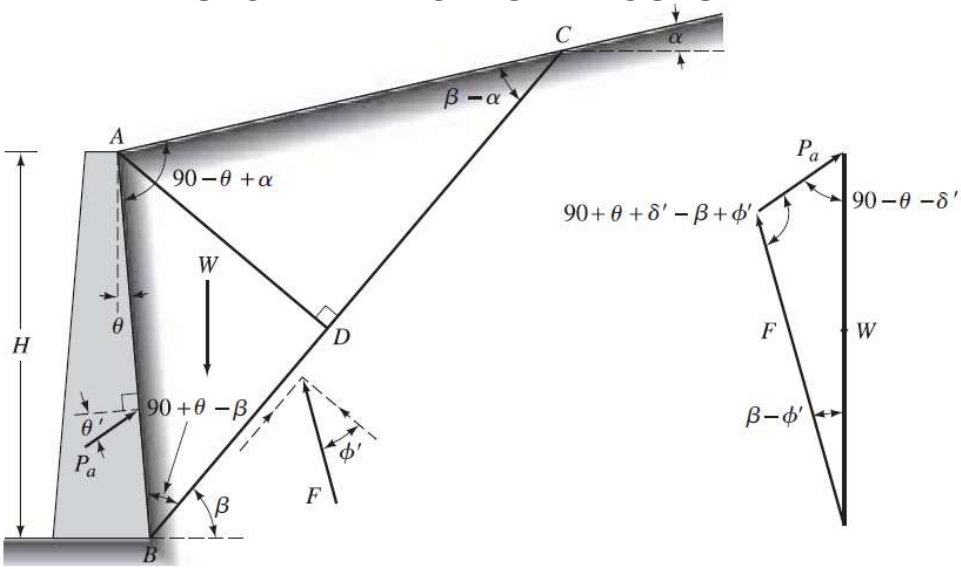
$$IS := F1 + \frac{(1-2\cdot\upsilon def)\cdot F2}{1-\upsilon def} \qquad IS = 0.403$$

$$\delta inm := B\cdot((qad))\cdot\left(1-\upsilon def^2\right)\cdot\frac{IS}{Edef\cdot1000} \qquad \delta inm = 1.398\,m\,10^{-3}$$

$$\delta con := ccdef\cdot\log\left(\frac{\sigma+\Delta\sigma}{\sigma}\right)\cdot\frac{H}{1+edef} \qquad \delta con = 1.842\times m0^{-3}$$

$$\delta total := \delta inm + \delta con \qquad \delta total = 3.24\times m0^{-3}$$

CALCULO DE FACTORES DE COULUMB



Valores requeridos

$\theta := 45$

$\alpha := 2$

$Aa := 0.25$

$\beta 1 := 45$

Coeficiente Activo de Coulumb

$$Ka := \frac{\left[\cos\left[(\phi - \theta)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\right]^2}{\left(\cos\left(\theta\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)^2\cdot\cos\left[\left(\theta + \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\cdot\left[1 + \sqrt{\frac{\sin\left[\left(\phi + \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\sin\left[\frac{\pi\cdot(\phi - \alpha)}{180}\right]}{\cos\left[\left(\theta + \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\frac{\pi}{180}\right]\cdot\cos\left[(\theta - \alpha)\cdot\frac{\pi}{180}\right]}}\right]^2}$$

Coeficiente Pasivo de Coulumb

$$Kp := \frac{\left[\cos\left[(\phi + \theta)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\right]^2}{\left(\cos\left(\theta\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)^2\cdot\cos\left[\left(-\theta + \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\cdot\left[1 - \sqrt{\frac{\sin\left[\left(\phi - \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\sin\left[\frac{\pi\cdot(\phi + \alpha)}{180}\right]}{\cos\left[\left(-\theta + \frac{2\cdot\phi}{3}\right)\frac{\pi}{180}\right]\cdot\cos\left[(-\theta + \alpha)\cdot\frac{\pi}{180}\right]}}\right]^2}$$

Coeficiente en Reposo

$$Ko := 1 - \left(\sin\left(\phi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)$$

$Kh := 0.67Aa$ $\quad Kh = 0.168$

$Kv := 0.67Kh$ $\quad Kv = 0.112$ $\quad \Psi := \frac{180}{\pi}\operatorname{atan}\left(\frac{Kh}{1 - Kv}\right)$

$$Kae := \frac{\left[\cos\left[[\phi + \Psi - (90 - \theta)]\frac{\pi}{180}\right]\right]^2}{\left(\cos\left(\Psi\cdot\frac{\pi}{180}\right)\right)\cdot\left[\left[\cos\left[(\theta)\cdot\frac{\pi}{180}\right]\right]^2\right]\cdot\left[\cos\left[\left[\Psi + (\theta) + \frac{2\phi}{3}\right]\cdot\frac{\pi}{180}\right]\right]\cdot\left[1 + \sqrt{\frac{\sin\left[(\phi - \Psi - \alpha)\frac{\pi}{180}\right]\cdot\sin\left[\left(\phi + \frac{2\phi}{3}\right)\frac{\pi}{180}\right]}{\cos\left[(\theta) - \alpha\right]\frac{\pi}{180}\cdot\left[\cos\left[\left(\Psi + \theta + \frac{2\phi}{3}\right)\frac{\pi}{180}\right]\right]}}\right]^2}$$

Tabla Relación de valores para los parámetros de resistencia.

COMPACIDAD (Suelo Granular)	Grado de Compacidad	N (S.P.T.)	Resistencia a la Penetración Estática	φ
Muy suelta	< 0,2	< 4	< 20	< 30
Suelta	0,2 - 0,4	4 – 10	20 - 40	30 - 35
Compacta	0,4 - 0,6	10 - 30	40 - 120	35 - 40
Densa	0,6 - 0,8	30 – 50	120 - 200	40 - 45
Muy Densa	> 0,8	> 50	> 200	> 45

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils: ASTM D 1586. New York: ASTM, 1996. p. 3.

Tabla Relación de valores para los parámetros de resistencia.

CONSISTENCIA (Suelos Cohesivos)	N (S.P.T.)	qu (Kg./cm2) Resistencia a la Compresión Simple	E (Kg./cm2)
Muy blanda	< 2	< 0,25	3
Blanda	2 a 4	0,25 a 0,50	30
Mediana	4 a 8	0,50 a 1,00	45 a 90
Compacta	8 a 15	1,00 a 2,00	90 a 200
Muy compacta	15 a 30	2,00 a 4,00	200
Dura	> 30	> 4	200

Fuente: ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils: ASTM D 1586. New York: ASTM, 1996. p. 4.

MODULOS DE REACCION DEL SUELO -- TEORIA ELASTICA

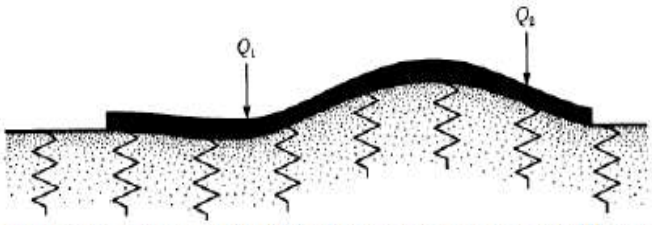


Figura 2. Cimentación flexible o cimentación de Winkler. *(Das, 2006).*

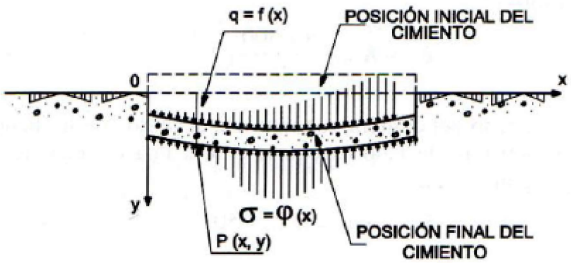


Figura 4. Comportamiento teórico de un cimiento o placa flexible. *(Calavera, 2000)*

$$Ice := \left[\ln\left[\frac{\left[\sqrt{1+\left(\frac{L}{B}\right)^2}\right]+\left(\frac{L}{B}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{L}{B}\right)^2}-\frac{L}{B}} \right] + \left[\left[\ln\left[\frac{\left[\sqrt{1+\left(\frac{L}{B}\right)^2}\right]+\left(\frac{L}{B}\right)}{\sqrt{1+\left(\frac{L}{B}\right)^2}-\frac{L}{B}} \right] \frac{L}{B} \right] \right] \frac{1}{\pi} \qquad Ice = 1.122$$

Para la esquina

$$Kse := \frac{2Edef}{B\cdot\left(1-\upsilon def^2\right)\cdot Ice} \quad Kse = 73.868 \quad \frac{MPa}{m}$$

Para el centro

$$Ksc := \frac{Edef}{B\cdot\left(1-\upsilon def^2\right)\cdot Ice} \quad Ksc = 36.934 \quad \frac{MPa}{m}$$

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220542**
Number

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 4

INSTRUMENTO **Baño de María**
MACHINE

FABRICANTE **Hamilton Beach**
MANUFACTURER

MODELO **Analoga**
MODEL

NÚMERO DE SERIE **N/P**
SERIAL NUMBER

SOLICITANTE **GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.**
CUSTOMER

FECHA DE CALIBRACIÓN **lunes, 25 de agosto de 2025**
DATE OF CALIBRATION

FECHA DE EMISIÓN **martes, 26 de agosto de 2025**
DATE OF ISSUE

NÚMERO DE PÁGINAS **CUATRO (4)**
NUMBERS OF PAGES

Este certificado no atribuye al equipo otras características que las mostradas por los datos aquí contenidos, los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectúan las mediciones y poseen trazabilidad a patrones bien sean nacionales o extranjeros de institutos de metrología o empresas reconocidas. No se permite la reproducción parcial de este certificado.

This certificate does not apply to instrument other capabilityes than ones pressented by herein contained data, the results are referred to te conditions and moment in wich the measurements are taken and have traceability to standards national or foreighn of metrological institutes or recognized enterprises. Partial reproduction of this documento is not permitted.

El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The issuing Laboratory assumes no responsability for damages ensuing misuse of the calibrated instruments.

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian Rodriguez C.
Realizado por:
Performed by

Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220542**
Number

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached
4

DETALLES DE LA CALIBRACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO

El horno cuenta con las siguientes características

Rango del instrumento	20	á	80
Rango de calibración	35	á	80
resolución	1		

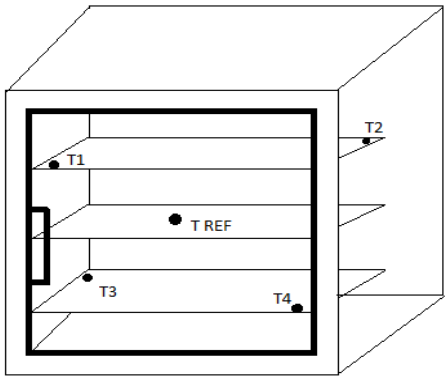
Condiciones del instrumento

El horno se encuentra en buenas condiciones, con desgaste normal de uso.
El medio isotérmico se encuentra con aislamiento térmicc si

MÉTODO

Comparación directa de las indicaciones del instrumento a calibrar con los patrones de trabajo. Según lo establecido en el procedimiento interno carac-iso 002, el cual se encuentra basado en el procedimiento DKD-R-5-7
Técnica sobre trazabilidad e incertidumbre de las mediciones en la caracterización térmica de baños y hornos de temperatura controlada CENAM.

Ubicación de patrones: en la figura No 1 se observa la ubicación espacial de los patrones del volumen útil del medio isotérmico



Sitio de medición

Laboratorio de control de calidad de materiales ubicado en la dirección
Calle 36 A No. 12A-55

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA INICIAL	TEMPERATURA FINAL
32	33
HUMEDAD INICIAL	HUMDAD FINAL
70	69

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220542**
Number

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 4

RESULTADOS DE LA MEDICION

PUNTO DE CALIBRACION 40

TIEMPO (min)	T Ref. T (°C)	TER. 1 (°C)	TER. 2 (°C)	TER. 3 (°C)	Temperatura indicada por el IBC (°C)
2	40,5	40,7	41	40,6	40,00
4	40,6	40,8	41,3	41	40,00
6	40,7	41	41,3	40,8	40,00
10	40,8	40,7	41,5	40,8	40,00
12	40,7	40,8	41	40,7	40,00
15	40,7	41	41,6	40,8	40,00
17	40,7	41	41,6	41,2	40,00
20	40,5	40,9	41,8	41,2	40,00
22	40,5	40	41,8	40,8	40,00
24	40,5	40,9	41,8	40,6	40,00
28	40,6	40,9	42	40,6	40,00
30	40,6	40,9	41	40,9	40,00

Incertidumbre °C	estabilidad °C	DESVIACION °C	UNIFORMIDAD °C		corrección °C
0,93125	0,3625	0,234574339	±	1,2	0,93125

PUNTO DE CALIBRACION 60

TIEMPO (min)	T Ref. T (°C)	TER. 1 (°C)	TER. 2 (°C)	TER. 3 (°C)	Temperatura indicada por el IBC (°C)
2	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
4	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
6	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
10	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
12	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
15	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
17	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
20	60,97	60,97	60,97	60,97	60,60
22	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
24	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
28	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00
30	60,97	60,97	60,97	60,97	60,00

Incertidumbre °C	estabilidad °C	DESVIACION °C	UNIFORMIDAD °C		corrección °C
1,190801967	1,5875	0,889795428	±	1,2	0,93125

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Numero: **220542**
Number

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 4

PUNTO DE CALIBRACION 80

TIEMPO (min)	T Ref. T (°C)	TER. 1 (°C)	TER. 2 (°C)	TER. 3 (°C)	Temperatura indicada por el IBC (°C)
2	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
4	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
6	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
10	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
12	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
15	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
17	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
20	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
22	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
24	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
28	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00
30	82,0	82,0	82,0	82,0	80,00

Incertidumbre °C	estabilidad °C	DESVIACION °C	UNIFORMIDAD °C		corrección °C
0,719768432	1,0125	0,689041682	±	1,2	1,96

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla de resultados de la pagina No 2.para cada punto de calibración. Se ha estimado utilizando un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95,45% para una distribución "t-student".
"la incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplica por el efecto "k" y la probabilidad de cobertura la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor

OBSERVACIONES

1 De acuerdo con los resultados anteriores se anexa el sello:
2 El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición a intervalos
4 SENCAL S.A.S., puede abstenerse de expedir un certificado cuando por características técnicas considere
5 El presente documento no tiene validez alguna sin las respectivas firmas

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220543**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Humedometro (Manómetro)
Object

Fabricante: Pinzuar
Manufacturer

Modelo: Type D
Model

Número de identificación: N/P
Identificación number

Rango de mediciòn: 1,00 % ..... 20,00 %
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No. 12-18 Monteria - Cordoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220543** Fecha de Calibración/Calibration date **lunes, 25 de agosto de 2025**

Number

Página /Pages 2 DE 2

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 2

MEDICIONES REALIZADAS

Lectura Patrón (%)	Lectura del Patrón			Promedio de "L" (%)	% Error
	L1 (%)	L2 (%)	L3 Type D		
2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	0,1
3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	0,1
6,0	6,0	6,0	6,2	6,1	0,1
8,0	8,1	8,0	8,2	8,1	0,1
10,0	10,1	10,1	10,2	10,1	0,1
12,0	12,2	12,3	12,2	12,2	0,2
14,0	14,1	14,1	14,2	14,1	0,1
16,0	16,2	16,2	16,2	16,2	0,2
18,0	18,1	18,3	18,3	18,2	0,2

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220543**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SIENCAL SAS**. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

Carrera 108A No. 142-65 TELEFONO: 3115052740
BOGOTA D.C. COLOMBIA

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220544**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Humedometro (Manómetro)
Object

Fabricante: Pinzuar
Manufacturer

Modelo: Type D
Model

Número de identificación: 44561
Identificación number

Rango de mediciòn: 1,00 % ..... 20,00 %
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No. 12-18 Monteria - Cordoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220544** Fecha de Calibración/Calibration date **lunes, 25 de agosto de 2025**

Number

Página /Pages 2 DE 2

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 2

MEDICIONES REALIZADAS

Lectura Patrón (%)	Lectura del Patrón			Promedio de "L" (%)	% Error
	L1 (%)	L2 (%)	L3 Type D		
2,0	2,2	2,1	2,1	2,1	0,1
3,0	3,1	3,1	3,2	3,1	0,1
6,0	6,0	6,1	6,2	6,1	0,1
8,0	8,3	8,0	8,2	8,2	0,2
10,0	10,1	10,1	10,2	10,1	0,1
12,0	12,1	12,3	12,2	12,2	0,2
14,0	14,1	14,3	14,2	14,2	0,2
16,0	16,3	16,2	16,2	16,2	0,2
18,0	18,1	18,3	18,3	18,2	0,2

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220544**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SIENCAL SAS**. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

Carrera 108A No. 142-65 TELEFONO: 3115052740
BOGOTA D.C. COLOMBIA

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220545**
Number

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 2

Objeto: Humedometro (Manómetro)
Object

Fabricante: Pinzuar
Manufacturer

Modelo: Type D
Model

Número de identificación: 15478
Identificación number

Rango de mediciòn: 1,00 % ..... 20,00 %
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No. 12-18 Monteria - Cordoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220545** Fecha de Calibración/Calibration date **lunes, 25 de agosto de 2025**

Number

Página /Pages 2 DE 2

Número de páginas incluyendo anexos
Number of pages and documents attached 2

MEDICIONES REALIZADAS

Lectura Patrón (%)	Lectura del Patrón			Promedio de "L" (%)	% Error
	L1 (%)	L2 (%)	L3 Type D		
2,0	2,2	2,0	2,1	2,1	0,1
3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	0,0
6,0	6,0	6,1	6,0	6,0	0,0
8,0	8,0	8,0	8,2	8,1	0,1
10,0	10,1	10,1	10,0	10,1	0,1
12,0	12,1	12,3	12,2	12,2	0,2
14,0	14,1	14,3	14,2	14,2	0,2
16,0	16,4	16,2	16,1	16,2	0,2
18,0	18,1	18,2	18,3	18,2	0,2

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220545**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SIENCAL SAS**. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

Carrera 108A No. 142-65 TELEFONO: 3115052740
BOGOTA D.C. COLOMBIA

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220547**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Comparador de caratula
Object

Fabricante: Baker
Manufacturer

Modelo: Analogo
Model

Número de identificación: UDD996
Identificación number

Rango de mediciòn: 0,250 mm …….. 25,400 mm
Range of measurement

Usuario final del certificado: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No 12 - 18 Monteria - Cordoba
User´s address

Solicitado por: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Requested by

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

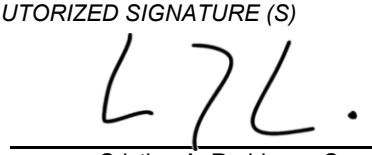
Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

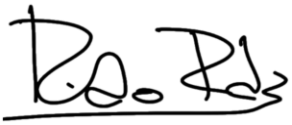
Número: **220547**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)



Cristian A. Rodriguez C.
Realizado por:
Performed by

Sello
seal



Ricardo Rodriguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220547** Fecha de Calibración/Calibration date **lunes, 25 de agosto de 2025**

Number

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Lectura Patrón mm	*Lectura equipo (mm) Promedio de 3 lecturas*	*Diferencia Pulgadas*	*% Error*
0,250	0,251	0,001	0,400
0,500	0,501	0,001	0,200
0,750	0,751	0,001	0,133
1,000	1,001	0,001	0,100
1,250	1,251	0,001	0,080
1,500	1,502	0,002	0,133
1,750	1,750	0,000	0,000
2,000	2,001	0,001	0,050
2,500	2,502	0,002	0,080

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220547**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente después de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SENCAL SAS. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.**

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220548**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Comparador de caratula
Object

Fabricante: Baker
Manufacturer

Modelo: Analogo
Model

Número de identificación: UKT 308
Identificación number

Rango de mediciòn: 0,250 mm …….. 25,400 mm
Range of measurement

Usuario final del certificado: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No 12 - 18 Monteria - Cordoba
User´s address

Solicitado por: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Requested by

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

Número: **220548**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Realizado por:
Performed by

Sello
seal

Ricardo Rodriguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220548**

lunes, 25 de agosto de 2025

Number

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Lectura Patrón mm	*Lectura equipo (mm) Promedio de 3 lecturas*	*Diferencia Pulgadas*	*% Error*
0,250	0,252	0,002	0,800
0,500	0,502	0,002	0,400
0,750	0,751	0,001	0,133
1,000	1,001	0,001	0,100
1,250	1,251	0,001	0,080
1,500	1,500	0,000	0,000
1,750	1,749	-0,001	-0,057
2,000	1,999	-0,001	-0,050
2,500	2,499	-0,001	-0,040

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220548**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente después de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SENCAL SAS. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.**

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220549**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Comparador de caratula
Object

Fabricante: Baker
Manufacturer

Modelo: Digital
Model

Número de identificación: UDD998
Identificación number

Rango de medición: 0,500 mm …….. 10,000 mm
Range of measurement

Usuario final del certificado: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No 12 - 18 Montería - Córdoba
User´s address

Solicitado por: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Requested by

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

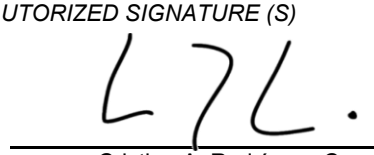
Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

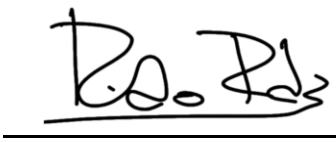
Número: **220549**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)



Cristian A. Rodríguez C.
Realizado por:
Performed by

Sello
seal



Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220549**

lunes, 25 de agosto de 2025

Number

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Lectura Patrón mm	*Lectura equipo (mm) Promedio de 3 lecturas*	*Diferencia Pulgadas*	*% Error*
0,250	0,252	0,002	0,800
0,500	0,502	0,002	0,400
0,750	0,751	0,001	0,133
1,000	1,001	0,001	0,100
1,250	1,251	0,001	0,080
1,500	1,500	0,000	0,000
1,750	1,749	-0,001	-0,057
2,000	1,999	-0,001	-0,050
2,500	2,499	-0,001	-0,040

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220549**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente después de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SENCAL SAS. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.**

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración
www.sencal.com

Laboratorio de Metrología
Metrología Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220550**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: TERMOMETRO ANALOGO
Object

Fabricante: TEL-TRU
Manufacturer

Modelo: Bi-metalico Análogo
Model

Número de identificación: N/P
Identificación number

Rango de medición: 40,0 °C ..... 100,0 °C
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No 12 - 18 Montería - Córdoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

Número: **220550**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodríguez C.
Realizado por:
Performed by

Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración
www.sencal.com

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220550** Fecha de Calibración/Calibration date **lunes, 25 de agosto de 2025**

Number

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

MEDICIONES REALIZADAS POR COMPARACIÓN A TERMOMETRO PATRÓN

Lectura Patrón °C	*Lectura del Equipo*			*Promedio de "L" °C*	*°C Error*
	L 1 °C	*L 2 °C*	*L 3 °C*		
0,00	0,1	0,5	0,0	0,2	0,2
20,00	20,0	21,0	20,0	20,3	0,3
40,00	41,0	40,0	42,0	41,0	1,0
60,00	61,0	61,0	61,0	61,0	1,0
80,00	80,0	82,0	81,0	81,0	1,0
100,00	101,0	102,0	101,0	101,3	1,3

TRAZABILIDAD

Se utilizo patrón digital con las siguientes características:

Fabricante	Modelo	Serie	Capacidad	Fecha de Calibracion	No. De Certificado
CHY	800,0	160275	100 ºC	2024/12/18	T-3655

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **220550**

2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.

3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.

4.- Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración **SENCAL SAS**. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **220551**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached

Objeto: Cazuela de Casa Grande
Object

Fabricante: Vincicol
Manufacturer

Modelo: Manual
Model

Número de identificación: N/P
Identificación number

Rango de medición: No Aplica
Range of measurement

Usuario final del certificado: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Certificate end user

Dirección del usuario: Calle 2B No 12 - 18 Montería - Córdoba
User´s address

Solicitado por: Geotecnologia Ingenieria y Control S.A.S
Requested by

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibration date

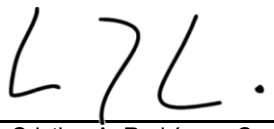
Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

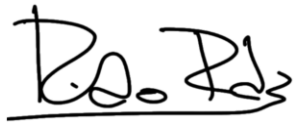
Número: **220551**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)



Cristian A. Rodríguez C.
Realizado por:
Performed by

Sello
seal



Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

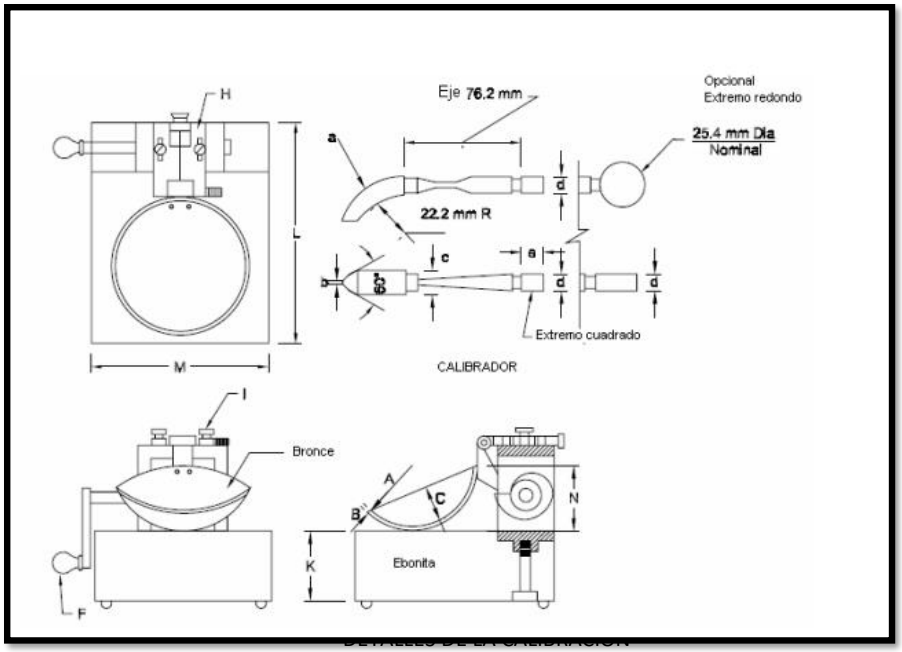
Calibration Certificate

Fecha de calibración/Calibration date lunes, 25 de agosto de 2025

Número: **220551**
Number

Página /Pages 1 de 2

Número de páginas incluyendo anexos 2
Number of pages and documents attached



DETALLES DE LA CALIBRACION

Equipo para limite liquido (Instituto Nacional de Vias I.N.V. E - 125 - 13)											
Dimensiones	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c	d
Descripción	radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	copa desde la guia del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espersor	Borde Cortante	Ancho	Diametro
Metrico (mm)	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5	10
tolerancia (mm)	2	0,1	1	1,5	5	5	5	0,1	0,1	0,1	0,2
ingles (in)	2,13	0,079	1,063	1,85	1,97	5,9	4,92	0,394	0,079	0,531	0,3937
tolerancia (in)	-	0,004	0,04	0,06	0,2	0,2	0,2	0,004	0,004	0,004	0,008

Medidas Tomada en el laboratorio de calibracion											
Dimensiones	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c	d
Descripción	radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	copa desde la guia del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espersor	Borde Cortante	Ancho	Diametro
Metrico (mm)	54,00	2,00	27,06	48,23	52,01	151,03	126,08	10,07	2,01	13,50	10,01
Resultado	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Medida de Resilencia		
Medida Numero 1 (%)	85	Cumple
Medida Numero 2 (%)	85	cumple
Medida Numero 3 (%)	85	cumple

la calibración se realizo bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Inicial	23	°C	Humedad Inicial	66	% HR
Temperatura Final	24	°C	humedad final	68	% HR

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275330**
Number

Página /Pages 1 de 3

Número de páginas incluyendo anexos 3
Number of pages and documents attached

Objeto: MAQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN
Object

Fabricante: VINCICOL INGENIERIA
Manufacturer

Modelo: AUTOMATICA MULTI TOUCH
Model

Número de identificación: 16921
Identificación number

Rango de mediciòn: 20,00 kN …….. 200,00 kN
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: CALLE 2B No 12 - 18 Monteria - Cordoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibración date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

Número: **275330**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Realizado por:
Performed by

Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275330**
Number

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025

Método de calibración
Calibration method

Fuerza indicada constante, Norma Tecnica Colombiana NTC 7500-1/2002-09-18

Condiciones ambientales
Environmental conditions

Temperatura Ambiente — Inicial/*Initial* 24,0 °C; Final/*End* 25,0 °C

Resultados
Results

Limite inferior de la escala del instrumento de medición 2,0 kN
Resolución **(r)** 0,010 kN

Dirección de la carga: Compresión
Indicación de la máquina: Digital
Resolución relativa de la máquina de ensayo (a) % — al 10% = 0,05; al 20% = 0,03

CARGA (%)	Indicación del Instrumento Patrón (F) en kN					PROMEDIO L1,L2 Y L3	Indicación del instrumento a calibrar (Fi)	Errores encontrados %				
	L1	Girar Celda 120° L2	Girar Celda 120° L3	L4	Reversibilidad Fó F' L2 Descendente			Resolución relativa **(a)**	Reversibilidad **(v)**	Repetibilidad **(b)**	Exactitud **(q)**	Accesorios
10	20,020	20,060	20,040			20,040	20,00	0,05		0,20	-0,20	
20	40,060	40,020	40,060			40,047	40,00	0,03		0,10	-0,12	
30	60,120	60,180	60,100			60,133	60,00	0,02		0,13	-0,22	
40	80,140	80,180	80,060			80,127	80,00	0,01		0,15	-0,16	
50	100,220	100,240	100,180			100,213	100,00	0,01		0,06	-0,21	
60	120,260	120,280	120,340			120,293	120,00	0,01		0,07	-0,24	
70	140,320	140,360	140,340			140,340	140,00	0,01		0,03	-0,24	
80	160,520	160,480	160,520			160,507	160,00	0,01		0,02	-0,32	
90	180,560	180,580	180,600			180,580	180,00	0,01		0,02	-0,32	
100	200,460	200,320	200,560			200,447	200,00	0,01		0,12	-0,22	

Indicación Residual de la maquina de ensayo sin carga (F_{i0}):	L1	L2	L3	L4
	0,02	0,04	0,02	

	Cero F_0	Reversibilidad (v)	Repetibilidad (b)	Exactitud (q)	Accesorios
Máximos errores encontrados (%)	0,020	No se determino	0,2	-0,32	No se determino
Máximos errores permitido para clase : 1	± 0,1	± 1,5	1,0	± 1,0	1,50
Norma Tecnica Colombiana NTC 7500-1/2002-09-18, Numeral:	6.4.5	6.4.8	6.5.2	6.5.1	6.4.6

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

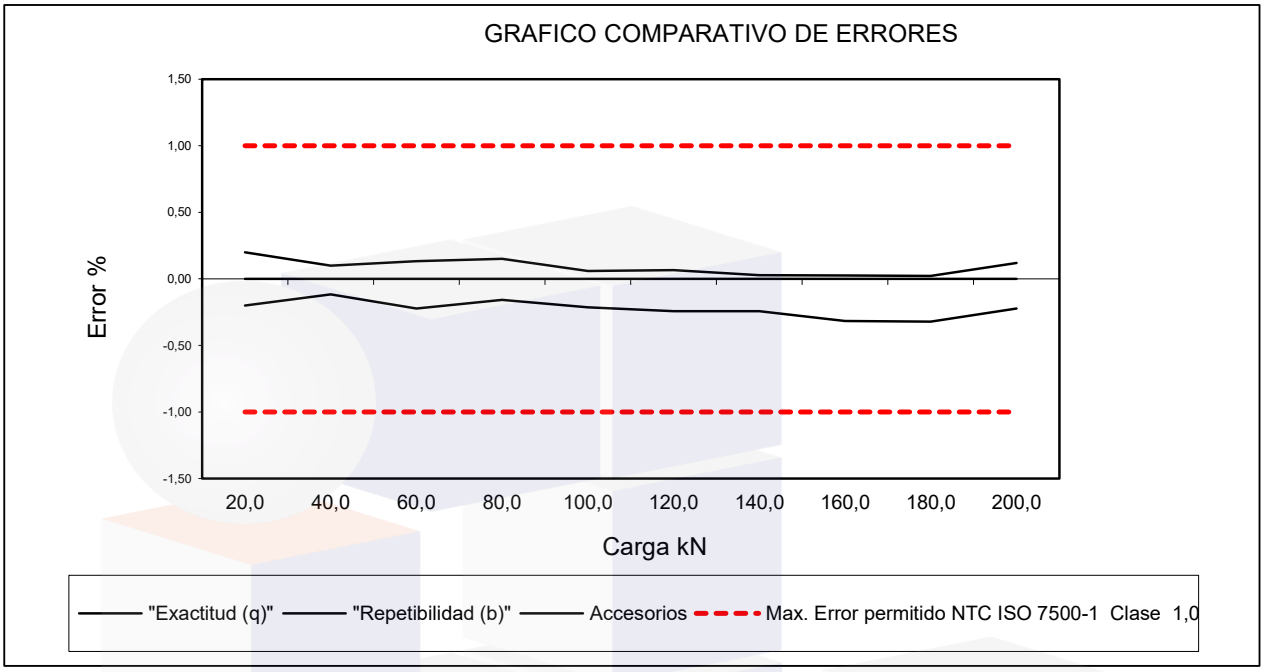
Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275330**
Number

Fecha de calibración lunes, 25 de agosto de 2025



DE ACUERDO A LOS ERRORES RELATIVOS MAXIMOS PRESENTADOS Y SEGUN LAS PRESCRIPCIONES DE LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 7500-1, LA MAQUINA DE ENSAYO CALIBRADA SE CLASIFICA COMO:

CLASE 1 DE 10 % HASTA EL 100 % DE SU CAPACIDAD MAXIMA

TRAZABILIDAD :

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE SENCAL SAS , ASEGURA EL MANTENIMIENTO DE LA TRAZABILIDAD

Equipos utilizados en la calibraciòn

Equipo	*Fabricante*	*Modelo*	*Serie*	*Capacidad*	*Cert. No*	*Fecha Cal.*	*Entidad Cert.*
Celda de carga	HBM	KHJ1000	28458	1000 kN	MF-356-1M	2025/01/11	CENAM

OBSERVACIONES :

1. La máquina de ensayos deberá ser calibrada inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.
2. Si la máquina de ensayos es reubicada, se deberá repetir la calibración. Igualmente, cuando exista razón de duda con respecto a la exactitud de la carga, independientemente del tiempo transcurrido desde la última calibración,
3. Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración SIENCAL SAS. no se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275331**
Number

Página /Pages 1 de 3

Número de páginas incluyendo anexos 3
Number of pages and documents attached

Objeto: MAQUINA DE ENSAYO A COMPRESIÓN
Object

Fabricante: RYR
Manufacturer

Modelo: SG-BM
Model

Número de identificación: 162070
Identificación number

Rango de mediciòn: 5,00 kN …….. 50,00 kN
Range of measurement

Usuario final del certificado: GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S.
Certificate end user

Dirección del usuario: CALLE 2B No 12 - 18 Monteria - Cordoba
User´s address

Lugar de calibración: Laboratorio
Calibration site

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025
Calibración date

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración SENCAL. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SENCAL SAS, no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de SENCAL SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurament that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the SENCAL SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The SENCAL SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the SENCAL SAS

Fecha de emisión: lunes, 25 de agosto de 2025
Date of issue

Número: **275331**
Number

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Cristian A. Rodriguez C.
Realizado por:
Performed by

Ricardo Rodríguez
Verificado por:
reviewed by

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275331**
Number

Fecha de calibración: lunes, 25 de agosto de 2025

Método de calibración
Calibration method

Fuerza indicada constante, Norma Tecnica Colombiana NTC 7500-1/2002-09-18

Condiciones ambientales
Environmental conditions

Temperatura Ambiente — Inicial/*Initial* 24,0 °C; Final/*End* 23,0 °C

Resultados
Results

Limite inferior de la escala del instrumento de medición 2,0 kN
Resolución **(r)** 0,010 kN

Dirección de la carga: Compresión
Indicación de la máquina: Digital
Resolución relativa de la máquina de ensayo (a) % — al 10% = 0,20; al 20% = 0,10

CARGA (%)	Indicación del Instrumento Patrón (F) en kN					PROMEDIO L1,L2 Y L3	Indicación del instrumento a calibrar (Fi)	Errores encontrados %				
	L1	Girar Celda 120° L2	Girar Celda 120° L3	L4	Reversibilidad Fó F' L2 Descendente			Resolución relativa **(a)**	Reversibilidad **(v)**	Repetibilidad **(b)**	Exactitud **(q)**	Accesorios
10	5,050	5,040	5,030			5,040	5,00	0,20		0,40	-0,79	
20	10,050	10,050	10,040			10,047	10,00	0,10		0,10	-0,46	
30	15,050	15,060	15,040			15,050	15,00	0,07		0,13	-0,33	
40	20,040	20,040	20,030			20,037	20,00	0,05		0,05	-0,18	
50	25,040	25,030	25,020			25,030	25,00	0,04		0,08	-0,12	
60	30,010	30,020	30,200			30,077	30,00	0,03		0,63	-0,25	
70	34,980	34,970	34,960			34,970	35,00	0,03		0,06	0,09	
80	39,950	39,960	39,950			39,953	40,00	0,03		0,03	0,12	
90	44,890	44,870	44,830			44,863	45,00	0,02		0,13	0,30	
100	49,870	49,850	49,800			49,840	50,00	0,02		0,14	0,32	

Indicación Residual de la maquina de ensayo sin carga (F_{i0}):	L1	L2	L3	L4
	0,01	0,01	0,02	

	Cero F_0	Reversibilidad (v)	Repetibilidad (b)	Exactitud (q)	Accesorios
Máximos errores encontrados (%)	0,040	No se determino	0,6	-0,79	No se determino
Máximos errores permitido para clase : 1	± 0,1	± 1,5	1,0	± 1,0	1,50
Norma Tecnica Colombiana NTC 7500-1/2002-09-18, Numeral:	6.4.5	6.4.8	6.5.2	6.5.1	6.4.6

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

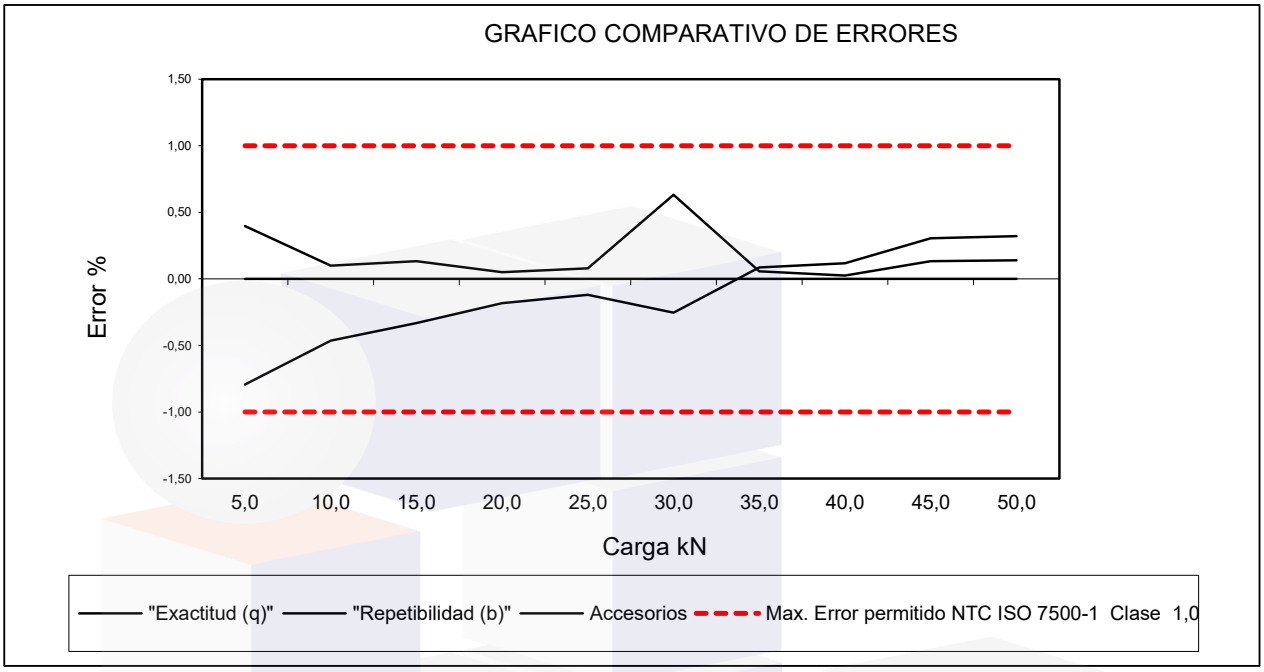
Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: **275331**
Number

Fecha de calibración lunes, 25 de agosto de 2025



DE ACUERDO A LOS ERRORES RELATIVOS MAXIMOS PRESENTADOS Y SEGUN LAS PRESCRIPCIONES DE LA NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 7500-1, LA MAQUINA DE ENSAYO CALIBRADA SE CLASIFICA COMO:

CLASE 1 DE 10 % HASTA EL 100 % DE SU CAPACIDAD MAXIMA

TRAZABILIDAD :

EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE SENCAL SAS , ASEGURA EL MANTENIMIENTO DE LA TRAZABILIDAD

Equipos utilizados en la calibraciòn

Equipo	*Fabricante*	*Modelo*	*Serie*	*Capacidad*	*Cert. No*	*Fecha Cal.*	*Entidad Cert.*
Celda de carga	HBM	KHJ1000	28458	1000 kN	MF-356-1M	2025/01/11	CENAM

OBSERVACIONES :

1. La máquina de ensayos deberá ser calibrada inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.
2. Si la máquina de ensayos es reubicada, se deberá repetir la calibración. Igualmente, cuando exista razón de duda con respecto a la exactitud de la carga, independientemente del tiempo transcurrido desde la última calibración,
3. Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración SIENCAL SAS. no se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración No. 640480

FECHA DE CALIBRACIÓN: *Date of calibration* 2025-08-25 (aaaa-mm-dd)

INSTRUMENTO: *Instrument*	BALANZA DIGITAL
FABRICANTE: *Manufacturer*	Trumax
MODELO: *Model*	Fenix
NÚMERO DE SERIE: *Serial number*	YS170461
RANGO MEDICIÓN: *Measurement Range*	20 g ..... 15000 g
SOLICITANTE: *Customer*	GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S
DIRECCIÓN: *Address*	Calle 2B No. 12-18
CIUDAD: *City*	Monteria - Córdoba
NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS: *Number of pages and Documents attached*	4

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de SENCAL S.A.S. Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology SENCAL S.A.S. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsability for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at apropiate intervals

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Tec. Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

FO CM 013

Certificado de Calibración No. 640480

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

Método Empleado: *Standard*	GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO / SIM MWG7/cg-01/v.00
Emplazamiento Habitual del equipo de medición: *Location*	Laboratorio

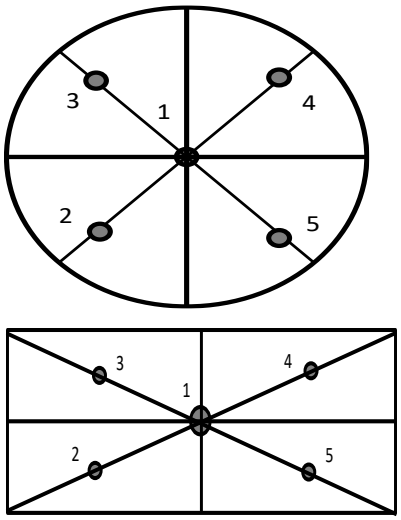
1. Prueba de Excentricidad de Carga

Carga = 1/3 * Máx	5000
Unidad:	g

LADO	INDICACIÓN l_i	INDICACIÓN SIN CARGA (lo)	ERROR DE INDICACIÓN	ERROR DE EXCENTRICIDAD
1	5000	0,0	0,0	-
2	5000	0,0	0,0	0,0
3	5000	0,0	0,0	0,0
4	5000	0,0	0,0	0,0
5	5000	0,0	0,0	0,0

1	5000	0,0	0,0	0,0

$\Delta I_ecc = l_i - l_1$ ΔI_ecci = 0,00



2. Prueba de Repetibilidad

Valor de Carga No. 1	20	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	20	0,0
2	20	0,0
3	20	0,0
4	20	0,0
5	19	0,0
6	20	0,0
7	20	0,0
8	20	0,0
9	20	1,0
10	20	1,0
Desviación Estándar:		0,0

Valor de Carga No. 2	7500	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	7500	1,0
2	7500	0,0
3	7500	0,0
4	7500	0,0
5	7500	1,0
6	7500	0,0
7	7500	0,0
8	7500	0,0
9	7500	0,0
10	7500	1,0
Desviación Estándar:		0,00

Valor de Carga No. 3	15000	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	15000	0,0
2	15000	0,0
3	15001	0,0
4	15000	0,0
5	15000	1,0
6	15000	0,0
7	15000	0,0
8	15000	0,0
9	15000	0,0
10	15000	0,0
Desviación Estándar:		0,3

Desviación Estándar del Fabricante	**5,000**	**>**	**0,3162**	Máxima Desviación Estándar Calculada

Certificado de Calibración No. **640480**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

3. Errores En Las Indicaciones:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN L_-	INDICACIÓN ASCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INDICACIÓN DESCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN mg	FACTOR DE COBERTURA "K"
20,0	20	0,00			8,3E-01	1,97
1500,0	1500	0,00			8,3E-01	1,97
3000,0	3000	0,00			8,3E-01	1,97
4500,0	4500	0,00			8,3E-01	1,97
6000,0	6000	0,00			8,3E-01	1,97
7500,0	7500	0,00			8,3E-01	1,97
9000,0	9000	0,00			8,3E-01	1,97
10500,0	10501	1,00			8,3E-01	1,97
12000,0	12001	1,00			8,3E-01	1,97
13500,0	13501	1,00			8,3E-01	1,97
15000,0	15000	0,00			8,3E-01	1,97

Residual Cero	0

Unidades Expresadas	g

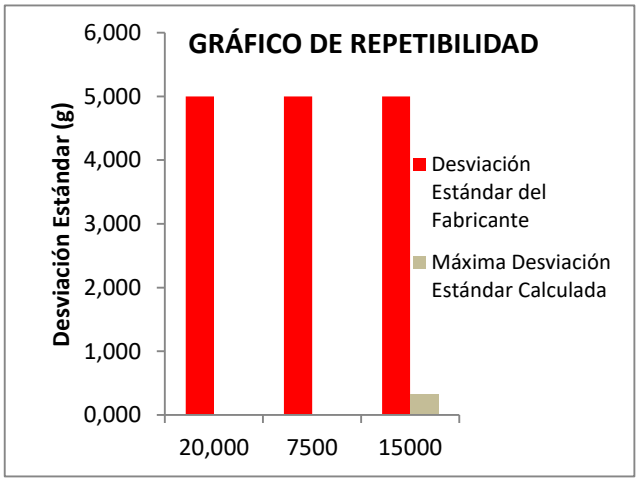
Manera de Aplicar la carga en la Prueba: 1. Aumento Por Pasos Con Descarga.

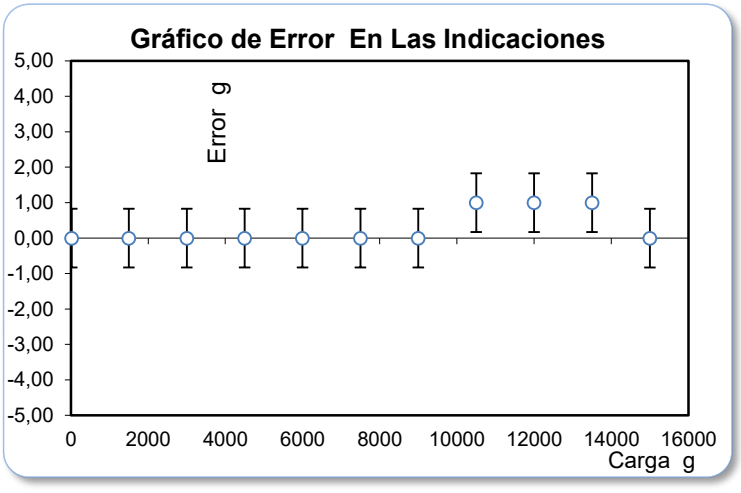
El instrumento ha sido ajustado previo a la calibración: NO

Valores Previos de Ajuste:

20,0	1500,0	3000,0	4500,0	6000,0	7500,0	9000,0	10500,0	12000,0	13500,0	15000,0	g
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

4. Gráficos:





Certificado de Calibración No. **640480**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

6. Observaciones:

1. De acuerdo con los resultados anteriores se anexa el sticker : **640480**

2. Si el instrumento es reubicado, deberá ser repetida la calibración en el sitio.

3. Mantener la balanza nivelada, antes, durante y después de su uso.

4. SENCAL S.A.S., puede abstenerse de expedir un certificado cuando por características técnicas considere que el equipo no es apto para el trabajo y entregará en este caso un informe explicando los

5. Los errores reportados son calculados con la correcion por la indicación residual de cero y la masa convencional de los patrones utilizados en las pruebas de los numerales 1, 3 y 4. del presente certiicado de calibración. (GUIA SIM MWG7/cg-01/v 0.00. Numeral 4.4.1).

6. El presente informe no es valido sin la estampa del sello seco en la totalidad de las hojas del informe.

7. Trazabilidad

SENCAL S.A.S. Garantiza la trazabilidad del los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - ISO-IEC 17025

Equipos utilizados durante la calibración

Fabricante	Clase	Capacidad	Serie	Modelo	No. Certificado
Icob	M1	2 kg	PJP 1024	Cilindricas	CPS 1373
Sartorius	M1	200 g		Cilindricas	CPS 1368
Servipesas	M2	20 kg		Rectangular	CPS 1378

" FIN DEL CERTIFICADO "

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración No. 640481

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

INSTRUMENTO: *Instrument*	BALANZA DIGITAL
FABRICANTE: *Manufacturer*	Trumax
MODELO: *Model*	Fenix
NÚMERO DE SERIE: *Serial number*	YS180683
RANGO MEDICIÓN: *Measurement Range*	20 g ..... 15000 g
SOLICITANTE: *Customer*	GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S
DIRECCIÓN: *Address*	Calle 2B No. 12-18
CIUDAD: *City*	Monteria - Córdoba
NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS: *Number of pages and Documents attached*	4

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de SENCAL S.A.S. Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology SENCAL S.A.S. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsability for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at apropiate intervals

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Tec. Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

FO CM 013

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración No. **640481**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

Método Empleado: *Standard*	GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO / SIM MWG7/cg-01/v.00
Emplazamiento Habitual del equipo de medición: *Location*	Laboratorio

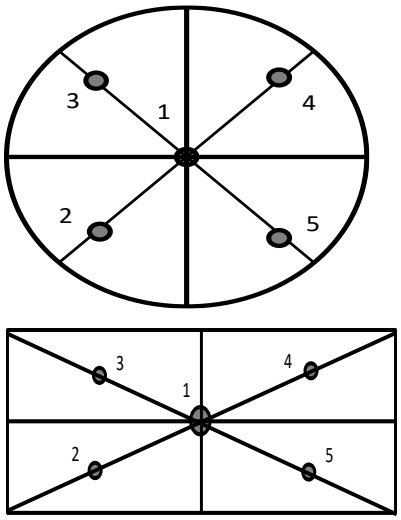
1. Prueba de Excentricidad de Carga

Carga = 1/3 * Máx	5000
Unidad:	g

LADO	INDICACIÓN l_i	INDICACIÓN SIN CARGA (lo)	ERROR DE INDICACIÓN	ERROR DE EXCENTRICIDAD
1	5000	0,0	0,0	-
2	5000	0,0	0,0	0,0
3	5000	1,0	-1,0	1,0
4	5000	0,0	0,0	0,0
5	5000	1,0	-1,0	1,0

1	5000	0,0	0,0	0,0

$\Delta I_ecc = l_i - l_1$ Δl_ecci = 1,00



2. Prueba de Repetibilidad

Valor de Carga No. 1	20	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	20	1,0
2	20	1,0
3	20	1,0
4	20	0,0
5	19	0,0
6	20	0,0
7	20	0,0
8	20	0,0
9	20	1,0
10	20	1,0
Desviación Estándar:		0,0

Valor de Carga No. 2	7500	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	7500	1,0
2	7500	0,0
3	7500	0,0
4	7500	-1,0
5	7500	1,0
6	7500	0,0
7	7500	0,0
8	7500	0,0
9	7500	0,0
10	7500	1,0
Desviación Estándar:		0,00

Valor de Carga No. 3	15000	g
N	**INDICACIÓN**	**CERO RESIDUAL**
1	15000	0,0
2	15000	0,0
3	15001	0,0
4	15000	0,0
5	15000	1,0
6	15000	0,0
7	15000	0,0
8	15001	0,0
9	15001	0,0
10	15000	0,0
Desviación Estándar:		0,5

Desviación Estándar del Fabricante	**5,000**	**>**	**0,4830**	Máxima Desviación Estándar Calculada

Certificado de Calibración No. **640481**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

3. Errores En Las Indicaciones:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN L_-	INDICACIÓN ASCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INDICACIÓN DESCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN mg	FACTOR DE COBERTURA "K"
20,0	20	0,00			8,6E-01	1,97
1500,0	1500	0,00			8,8E-01	1,97
3000,0	3000	-1,00			9,2E-01	1,97
4500,0	4500	0,00			1,0E+00	1,97
6000,0	6000	-1,00			1,1E+00	1,97
7500,0	7500	0,00			1,2E+00	1,97
9000,0	9000	-1,00			1,3E+00	1,97
10500,0	10501	1,00			1,5E+00	1,97
12000,0	12001	1,00			1,6E+00	1,97
13500,0	13501	1,00			1,8E+00	1,97
15000,0	15000	0,00			1,9E+00	1,98

Residual Cero	0

Unidades Expresadas	g

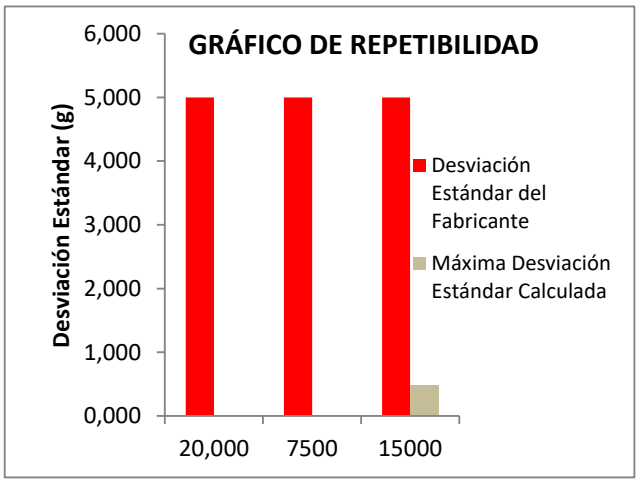
Manera de Aplicar la carga en la Prueba: 1. Aumento Por Pasos Con Descarga.

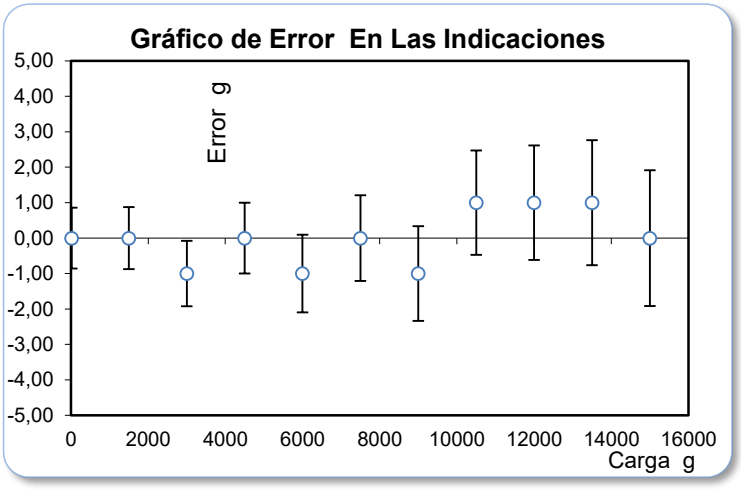
El instrumento ha sido ajustado previo a la calibración: NO

Valores Previos de Ajuste:

20,0	1500,0	3000,0	4500,0	6000,0	7500,0	9000,0	10500,0	12000,0	13500,0	15000,0	g
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

4. Gráficos:





Certificado de Calibración No. **640481**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

6. Observaciones:

1. De acuerdo con los resultados anteriores se anexa el sticker : **640481**

2. Si el instrumento es reubicado, deberá ser repetida la calibración en el sitio.

3. Mantener la balanza nivelada, antes, durante y después de su uso.

4. SENCAL S.A.S., puede abstenerse de expedir un certificado cuando por características técnicas considere que el equipo no es apto para el trabajo y entregará en este caso un informe explicando los

5. Los errores reportados son calculados con la correcion por la indicación residual de cero y la masa convencional de los patrones utilizados en las pruebas de los numerales 1, 3 y 4. del presente certiicado de calibración. (GUIA SIM MWG7/cg-01/v 0.00. Numeral 4.4.1).

6. El presente informe no es valido sin la estampa del sello seco en la totalidad de las hojas del informe.

7. Trazabilidad

SENCAL S.A.S. Garantiza la trazabilidad del los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - ISO-IEC 17025

Equipos utilizados durante la calibración

Fabricante	Clase	Capacidad	Serie	Modelo	No. Certificado
Icob	M1	2 kg	PJP 1024	Cilindricas	CPS 1373
Sartorius	M1	200 g		Cilindricas	CPS 1368
Servipesas	M2	20 kg		Rectangular	CPS 1378

" FIN DEL CERTIFICADO "

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración No. 640482

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

INSTRUMENTO: *Instrument*	BALANZA DIGITAL
FABRICANTE: *Manufacturer*	Trumax
MODELO: *Model*	Mix A
NÚMERO DE SERIE: *Serial number*	YS202614
RANGO MEDICIÓN: *Measurement Range*	2,0 g ..... 3000,0 g
SOLICITANTE: *Customer*	GEOTECNOLOGIA INGENIERIA Y CONTROL S.A.S
DIRECCIÓN: *Address*	Calle 2B No. 12-18
CIUDAD: *City*	Monteria - Córdoba
NÚMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS: *Number of pages and Documents attached*	4

Este certificado de calibración solo puede ser reproducido totalmente con la autorización del laboratorio de metrología de SENCAL S.A.S. Los certificados de calibración no son válidos sin las firmas y estampilla de calibración.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory of metrology SENCAL S.A.S. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing laboratory no responsability for damages ensuing mis use of the calibrated instruments.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible for having the apparatus calibrated at apropiate intervals

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Tec. Cristian A. Rodriguez C.
Tecnico
Revisado por: - Checked by:

Ricardo Rodriguez
Director Metrologia
Aprobado por: - Approved by:

FO CM 013

SENCAL S.A.S
Sistemas de Ensayo y Calibración

Laboratorio de Metrología
Metrology Laboratory

Certificado de Calibración No. 640482

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

Método Empleado: *Standard*	GUÍA PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO / SIM MWG7/cg-01/v.00
Emplazamiento Habitual del equipo de medición: *Location*	Laboratorio

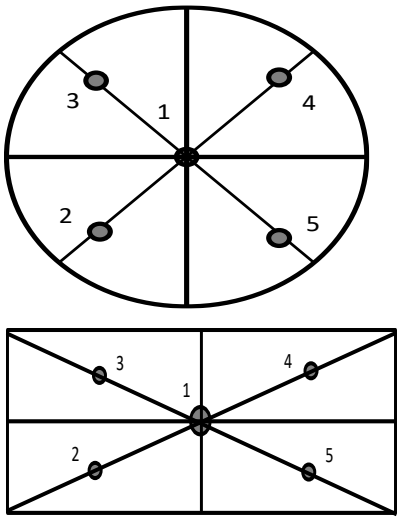
1. Prueba de Excentricidad de Carga

Carga = 1/3 * Máx	1000
Unidad:	g

LADO	INDICACIÓN l_i	INDICACIÓN SIN CARGA (lo)	ERROR DE INDICACIÓN	ERROR DE EXCENTRICIDAD
1	1000,0	0,0	0,0	-
2	1000,0	0,0	0,0	0,0
3	1000,0	0,1	-0,1	0,1
4	1000,0	0,1	-0,1	0,1
5	1000,0	0,5	-0,5	0,5

1	1000,0	0,0	0,0	0,0

$\Delta I_ecc = l_i - l_1$ ΔI_ecci = 0,50



2. Prueba de Repetibilidad

Valor de Carga No. 1	2	g
N	INDICACIÓN	CERO RESIDUAL
1	2,0	0,1
2	2,0	0,1
3	2,0	0,5
4	2,0	0,5
5	2,0	0,5
6	2,1	0,1
7	2,1	0,1
8	2,1	0,1
9	2,1	0,5
10	2,1	0,1
Desviación Estándar:		0,1

Valor de Carga No. 2	1500	g
N	INDICACIÓN	CERO RESIDUAL
1	1500,0	0,2
2	1500,0	0,0
3	1500,0	0,0
4	1500,0	0,2
5	1500,8	0,2
6	1500,8	0,0
7	1500,8	0,0
8	1500,8	0,0
9	1500,0	0,0
10	1500,8	0,1
Desviación Estándar:		0,42

Valor de Carga No. 3	3000	g
N	INDICACIÓN	CERO RESIDUAL
1	3000,0	0,0
2	3000,0	0,0
3	3000,0	0,0
4	3000,2	0,0
5	3000,2	1,0
6	3000,2	0,0
7	3000,2	0,0
8	3000,2	0,0
9	3000,5	0,0
10	3000,5	0,0
Desviación Estándar:		0,2

Desviación Estándar del Fabricante	1,000	>	0,4216	Máxima Desviación Estándar Calculada

Certificado de Calibración No. **640482**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

3. Errores En Las Indicaciones:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN L_-	INDICACIÓN ASCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INDICACIÓN DESCENDENTE I_-	ERROR DE INDICACIÓN	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN mg	FACTOR DE COBERTURA "K"
2,0	2,0	0,00			2,8E-01	1,98
300,0	300,0	0,00			2,8E-01	1,98
600,0	600,1	-0,90			3,1E-01	1,97
900,0	900,1	0,10			3,4E-01	1,97
1200,0	1200,1	-0,90			3,9E-01	1,97
1500,0	1500,2	0,20			4,4E-01	1,97
1800,0	1800,2	-0,80			4,9E-01	1,97
2100,0	2100,2	0,20			5,5E-01	1,97
2400,0	2400,2	0,20			6,1E-01	1,98
2700,0	2700,5	0,50			6,8E-01	1,98
3000,0	3000,2	0,20			7,4E-01	1,98

Residual Cero	0

Unidades Expresadas	g

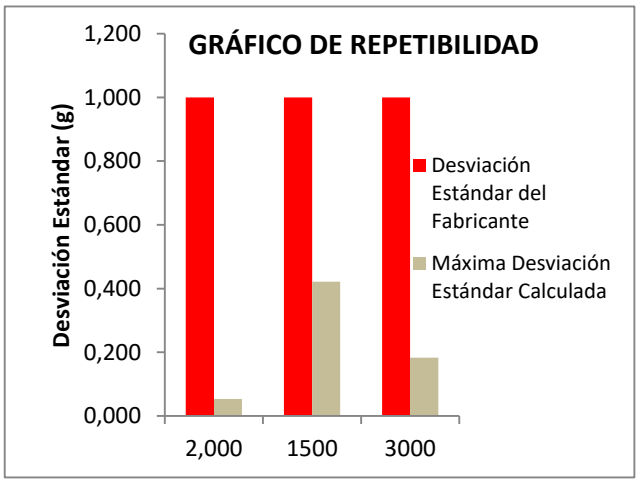
Manera de Aplicar la carga en la Prueba: 1. Aumento Por Pasos Con Descarga.

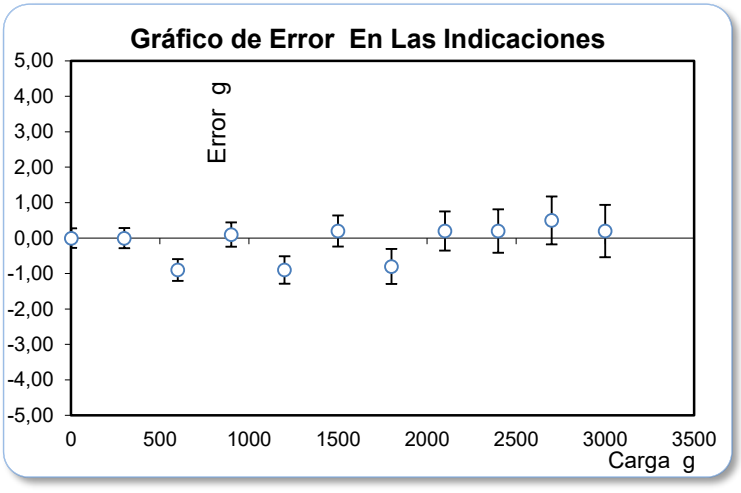
El instrumento ha sido ajustado previo a la calibración: NO

Valores Previos de Ajuste:

2,0	300,0	600,0	900,0	1200,0	1500,0	1800,0	2100,0	2400,0	2700,0	3000,0	g
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

4. Gráficos:





Certificado de Calibración No. **640482**

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2025-08-25
Date of calibration (aaaa-mm-dd)

6. Observaciones:

1. De acuerdo con los resultados anteriores se anexa el sticker : **640482**

2. Si el instrumento es reubicado, deberá ser repetida la calibración en el sitio.

3. Mantener la balanza nivelada, antes, durante y después de su uso.

4. SENCAL S.A.S., puede abstenerse de expedir un certificado cuando por características técnicas considere que el equipo no es apto para el trabajo y entregará en este caso un informe explicando los

5. Los errores reportados son calculados con la correcion por la indicación residual de cero y la masa convencional de los patrones utilizados en las pruebas de los numerales 1, 3 y 4. del presente certiicado de calibración. (GUIA SIM MWG7/cg-01/v 0.00. Numeral 4.4.1).

6. El presente informe no es valido sin la estampa del sello seco en la totalidad de las hojas del informe.

7. Trazabilidad

SENCAL S.A.S. Garantiza la trazabilidad del los instrumentos de medición utilizados en la calibración, calibrando los patrones de trabajo a intervalos apropiados de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC - ISO-IEC 17025

Equipos utilizados durante la calibración

Fabricante	Clase	Capacidad	Serie	Modelo	No. Certificado
Icob	M1	2 kg	PJP 1024	Cilindricas	CPS 1373
Sartorius	M1	200 g		Cilindricas	CPS 1368
Servipesas	M2	20 kg		Rectangular	CPS 1378

" FIN DEL CERTIFICADO "