

5.6. Pruebas No Destructivas con Esclerómetro.

Se realizaron lecturas representativas o pruebas no destructivas con esclerómetro en la subestructura y la superestructura del actual edificio por ampliar, dando un promedio total de **243.51 kg/cm²**, **determinando resultados favorables.** (Ver tablas de resultados anexa)

5.7. Resistencia de Núcleos de Concreto en Cimentación.

Los núcleos extraídos en las zapatas corridas de concreto reforzado bajo columnas, cumplen con una **resistencia a la compresión simple de 190.00 a 296.80 kg/cm²**, un **módulo de elasticidad promedio del concreto de 294,712.50 kg/cm²**, los cuales **Se Consideran Satisfactorios.**

Ver resultados de todos los elementos estructurales probados en el anexo B.

6. Conclusiones y Recomendaciones.

Los **trabajos de exploración** superficial y profunda directa del subsuelo en el predio estudiado, consistieron en la perforación de **un sondeo de tipo mixto con pruebas de penetración estándar** realizado a una profundidad final efectiva de **20.40 m** en la zona adyacente del edificio por remodelar, para obtener muestreo alterado o representativo y la correspondiente clasificación estratigráfica de los mismos a cada 60 cm de profundidad. Complementando la exploración directa profunda con la excavación superficial de **3 pozos a cielo abierto a 2.00 m de profundidad promedio** cada uno, en las zonas de columnas o de descargas principales; para el labrado de muestras cúbicas inalteradas y representativas de acuerdo a la variación de estratos, verificar la profundidad de desplante y el tipo de cimentación actual, así como, para la extracción de núcleos de concreto reforzado de la actual cimentación y pruebas no destructivas basadas en lecturas con esclerómetro digital en elementos estructurales principales. (Zapatas, losas, columnas, trabes, etc.)

A partir de los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se determinó que el sitio de emplazamiento para la futura ampliación y/o remodelación del actual **“Edificio de Urgencias del Hospital General de Zona # 5, IMSS Metepec”**, misma estructura la cual se ubica sobre la Carretera Atlixco, Metepec Centro, C.P. 74360; en el estado de Puebla. Está apoyado sobre **Zapatas Corridas de Concreto Reforzado, lo cual se considera Apropiado pero desplantadas a -1.60 m de profundidad en terreno Blando, con una resistencia a la compresión simple de 190.00 a 296.00 kg/cm², un módulo de elasticidad promedio de del concreto de 294,712.50 kg/cm² y, lectura con esclerómetro digital promedio de 330.00 kg/cm².**

Dicha cimentación corrida a base de zapatas corridas de concreto reforzado se encuentra desplantada sobre el terreno natural superficial constituido por un **espesor por debajo de la cimentación de 18.80 m constituido por una matriz predominante mezclada e intercalada de Arcilla de Baja Plasticidad (CL) con Arena Limosa y Mal Graduada (SM-SP), de color Café Claro-Oscuro cambiando a Gris Verdoso comúnmente conocidos como Arrastres y Depósitos Aluviales del cauce cercano. Terreno natural Blando a Resistente conformado principalmente por la mezcla e integración de Arcilla y Limo Inorgánico (LL < 50 %) como cementantes y, Arena producto de la desintegración de las rocas (polvo de roca) en menor proporción. Con una resistencia al esfuerzo cortante del suelo al nivel de desplante de la cimentación de 6.00 kg/cm².**

La posición relativa del nivel de saturación o **Nivel de Aguas Freáticas (N.A.F.)** del sitio en estudio, **No se detectó en los 3 pozos a cielo abierto ni en el sondeo profundo de tipo mixto realizado en la zona adyacente al edificio hasta los 20.40 m de profundidad**; profundidades referidas a partir del nivel de terreno superficial actual en la zona puntual del brocal de perforación.

Todas las profundidades están referidas con respecto al nivel de terreno superficial actual que presenta el predio o inmueble estudiado, ante la inexistencia o señalización de algún banco de nivel o cota topográfica referida.

La ubicación del sondeo profundo de tipo mixto con pruebas de penetración estándar y, la de los pozos a cielo abierto realizados dentro de las zonas de desplante o servicio en la planta baja del edificio por ampliar o remodelar, se observa en el plano y reporte fotográfico correspondientes.

La toma de muestras representativas e inalteradas recuperadas en los 3 pozos a cielo abierto, se realizó en canal una vez terminada su excavación; protegiéndose inmediatamente y de manera adecuada para que no perdiera su contenido de agua natural.

De acuerdo a la exploración superficial y a las observaciones realizadas en campo, basadas en la excavación de 3 pozos a cielo abierto en los apoyos principales, el tipo de cimentación empleada es a base de **Zapatas Corridas de Concreto Reforzado, lo cual se considera Apropiado pero apoyadas sobre un terreno Blando.**

La cimentación actual de la estructura o edificio estudiado se desplantó a una **Profundidad promedio de 1.60 m** respecto al nivel de terreno natural superficial actual, **lo cual se considera No Muy Apropiado, ya que el nivel de cimentación apropiado de acuerdo al estudio geotécnico realizado, es a partir de -5.00 m de profundidad en adelante respecto al mismo nivel referenciado.**

Por lo que, se recomienda considerar una Re-cimentación del edificio en la zona puntual de desplante por medio del Empleo de Micro-pilotes de concreto armado ligados a la actual cimentación o Rigidizar (consolidación de suelos blandos) el terreno de sustento (CL-SM) por medio de Inyecciones con Mortero, Productos Químicos o Grouting.

La Capacidad de Carga Admisible, de Trabajo o de Diseño bajo condiciones de carga estática del estrato natural superficial que sirve de apoyo para la actual cimentación, constituido por la Arcilla Limo-arenosa de Baja Plasticidad (CL-SM), de color Café, para una cimentación superficial de tipo rígida continua, desplantadas sobre el terreno natural superficial de consistencia blanda al nivel de cimentación actual a partir de 1.60 m de profundidad, es del orden de 0.742 kg/cm² equivalente a 7.42 ton/m². (Terreno Tipo II)

La capacidad de carga admisible al contacto con el terreno resistente a partir de -5.00 m de profundidad, es del orden de 33.24 ton/m². (Terreno Tipo I)

La Capacidad de Carga Admisible del terreno natural superficial y subyacente que sirve de apoyo a la actual cimentación y al contacto con el terreno resistente bajo la acción combinada de Cargas Estáticas y Cargas Accidentales por Sismo, es del orden de 8.53 y 38.23 ton/m² a partir de -1.60 y 5.00 m de profundidad respectivamente; como consecuencia de un incremento por sismo del 15 %. (El valor del incremento definitivo se deja a criterio del ingeniero especialista en estructuras)

Ambas calculadas conservadoramente por el método de Karl V. Terzaghi por Cohesión o Cementante Aparente utilizando un Factor de Seguridad de 3 (tres), tomado a criterio de acuerdo a las características, propiedades físicas, mecánicas e ingenieriles del estrato natural subyacente de mediana a alta resistencia de apoyo. (CL-SM)

Los probables asentamientos diferenciales a corto plazo calculados al centro de la cimentación pueden considerarse del **Tipo Elástico**, esto quiere decir que se presentaron durante el proceso constructivo de la obra estimándose éstos **del orden de 0.82 cm < 2.54 cm**, bajo zapatas corridas de concreto reforzado, que envíen la presión de contacto máxima estimada de 3.00 ton/m² y considerando un ancho tributario de cimentación, B = 2.00 m.

Se calcularon los asentamientos inmediatos o del tipo elástico al centro de la cimentación tomando en cuenta el **Módulo de Deformación Total del Suelo (Mv)** que incluye la **deformación elástica de las partículas y la reducción de volumen**, por lo que, los **Asentamientos Diferidos** o por Consolidación que se pudieran llegar a presentar a futuro, se consideran prácticamente **Nulos o Despreciables**.

El **Módulo de Reacción Vertical del Terreno es del orden de 14.00 kg/cm³**, utilizando un ks1 promedio de 32.10 kg/cm³ para suelos cohesivos-granulares (CL-SM) no saturados de consistencia media al nivel de desplante superficial actual de la cimentación, revisando para un ancho de cimentación, B = 2.00 m, calculado teóricamente por el **método de equilibrio elástico-plástico propuesto por K.V. Terzaghi**; para tener una constante que se asemeje más al comportamiento mecánico real de reacción del subsuelo, se tendría que realizar por lo menos dos pruebas de placa in situ.

El **Empuje Activo Total del Suelo calculado por el método convencional de Rankine y Jaky** en la zona de muros o sistemas de contención, **es del orden de 3.30 toneladas por metro lineal**, aplicado a un tercio de la base de dichos muros, considerando una altura total de muro, **H = 3.00 m**. Si ésta altura varia, el empuje activo quedará en función de la misma utilizando el mismo coeficiente de presión de tierras en reposo, **Ko = 0.577**.

El **empuje activo adicional por Sobrecarga** dada la influencia de las construcciones vecinas o vialidades **es del orden de 2.05 ton/ml**. aplicado al centro de la altura total de muros y considerando una **sobrecarga de 1.50 ton/m²**.

El **empuje sísmico** correlacionado aplicado al tercio superior del muro es del orden de **0.83 toneladas por metro lineal** de muro. (25 % del empuje térreo para muros cortos, $H < 10.00$ m)

Se realizaron lecturas representativas o pruebas no destructivas con esclerómetro en la subestructura y la superestructura del actual edificio por ampliar, dando un promedio total de **243.51 kg/cm²**, **determinando resultados favorables**. (Ver tablas de resultados anexa)

Los núcleos extraídos en las zapatas corridas de concreto reforzado bajo columnas, cumplen con una **resistencia a la compresión simple de 190.00 a 296.80 kg/cm²**, un **módulo de elasticidad promedio del concreto de 294,712.50 kg/cm²**, los cuales **Se Consideran Satisfactorios**.

A partir de la recopilación de datos en la información bibliográfica existente relacionada con el sitio en estudio y, con base en los resultados obtenidos durante la exploración de campo y los ensayos de laboratorio, el sitio de emplazamiento en estudio se encuentra ubicado en la **"Zona B"** de baja a mediana intensidad sísmica (M.O.C. de C.F.E.), construcciones del **"Grupo B"** y terrenos de sustento a partir del nivel de desplante de la actual cimentación ($N_{spt} < 40$) clasificados del **Tipo II**. (Terreno Intermedio, ver anexo sísmico)

De acuerdo a los parámetros de los espectros de diseño para el Reglamento de Construcciones del estado de Puebla y, de acuerdo a la resistencia al esfuerzo cortante sin drenado del terreno natural de apoyo (**2.50 ton/m² < S_s = 4.30 ton/m² < 10.00 ton/m²**), para el terreno natural superficial y subyacente de desplante, el coeficiente sísmico básico correspondiente es, **c = 0.32**; el cual deberá de ser multiplicado por 1.50 si el futuro edificio de urgencias u hospital general, corresponde a construcciones del Grupo "A".

En el caso de presentarse alguna anomalía del suelo no detectada en este estudio, se deberá avisar oportunamente a **Rocca Consultores y/o Ing. Raúl López Bretón**, con el fin de verificar las condiciones geotécnicas del sitio y garantizar la completa verificación técnica del proyecto.

Se recomienda considerar una Re-cimentación del edificio en la zona puntual de desplante, por medio del uso de Micro-pilotes de concreto armado ligados a la actual cimentación o, Rigidizar (consolidación de suelos blandos) el terreno de sustento (CL-SM) por medio de Inyecciones con Mortero, Productos Químicos o Grouting.

Sin más por el momento y atentos a cualquier duda o aclaración, nos es muy grato enviar a ustedes un cordial y afectuoso saludo.

H. Puebla de Z. Diciembre de 2017.

A T E N T A M E N T E

ING. RAUL LOPEZ BRETON

DIRECTOR GENERAL

CED. PROF. No. 429037

Elaboró: **ING. LUIS CHAVEZ BANDALA**

DIRECTOR TECNICO

CED. PROF. No. 8072340

Referencias

Mecánica de Suelos. Tomos I y II.

E. Juárez Badillo-Rico Rodríguez.
Edit. Limusa.

Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

George B. Sowers-George F. Sowers.
Edit. Limusa.Wiley.

Cimentaciones Superficiales.

Fructuoso Mañá.
Edit. Blume.

La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Vol. 1,2.

Rico Rodríguez - Hermilo del Castillo.
Edit. Limusa.

Cimentaciones (Foundations)

A.L. Little.
Edit. Continental.

Foundation Engineering.

Leonardo Zeevaert.
Edit. Van Nostrand Reinhold.

Comisión Federal de Electricidad (2015) Manual de Obras Civiles. Estructuras por Sismo.

Petróleos Mexicanos (1974) Exploración y Muestreo de Suelos para Proyecto de Cimentaciones. (1a. Parte) Norma 2.214.05