

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EL AHOGADO
ESTUDIO DEL SUBSUELO**

ÍNDICE

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	PAG.
I	SÍNTESIS	5
II	RESUMEN Y RECOMENDACIONES	6
III	ANTECEDENTES	9
IV	ESTUDIOS DE CAMPO	10
V	ENSAYES DE LABORATORIO	12
VI	SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO	13
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
ANEXO I	FIGURAS	
ANEXO II	REPORTE FOTOGRÁFICO	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO
1	Fotografía satelital de la zona.
2	Croquis de localización.
3	Localización de sondeos.
4 a 13	Perfiles estratigráficos de los sondeos mixtos.
18 a 29	Ensayes de compresión triaxial no consolidada – no drenada.
30 a 33	Ensayes de compresión triaxial consolidada – no drenada.
34 a 51	Ensayes de consolidación unidimensional.
52 a 58	Ensayes de saturación bajo carga.
65 a 68	Ensayes de compresión axial en roca.

I. SÍNTESIS.

Este informe contiene el estudio del subsuelo realizado por **BENTON Y ASOCIADOS, S.A.**, con el fin de determinar el tipo y características del subsuelo donde se proyecta la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales denominada “El Ahogado”, en el Municipio de Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco.

En el estudio se consignan y analizan los siguientes aspectos:

- Exploración del subsuelo
- Ensayes de laboratorio
- Secuencia estratigráfica y propiedades del subsuelo
- Conclusiones y recomendaciones
- Anexo fotográfico

II. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

1. El subsuelo de la región pertenece al período Terciario, predominando las rocas caliza e ígneas (riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica). El predio en estudio se localiza en un valle formado por depósitos aluviales, limitado al norte por lomeríos de roca volcánica basáltica.
2. En los sondeos mixtos SM-1 a SM-7, el nivel freático se localiza entre 0.70 y 6.35 m de profundidad.
3. En la zona oriente del predio, hasta 1.80 m de profundidad se detectó arena limosa, fina y media pumítica de color café claro; subyaciendo se encuentra un estrato de arcilla, de consistencia firme a muy firme, de colores gris claro a café verdoso, este estrato se extiende en el sondeo SM-1 hasta los 13 m de profundidad, mientras que en el SM-2 se encuentra a más de 15.3m de profundidad; en el SM-1, debajo de la arcilla se detectó un estrato de limo arenoso de consistencia dura que se extiende a más de 15.3 m de profundidad.
4. En la zona oriente del predio, la secuencia estratigráfica está compuesta por arenas limosas o arcillosas en la superficie, subyaciendo se encuentra un estrato de arcillas de alta plasticidad de color café claro a verdoso, y debajo los depósitos de basalto de color gris claro a negro. En los sondeos SM-7, SM-8 y SM-9 el basalto se encuentra muy próximo a la superficie del terreno, entre 0.8 y 1.2 m de profundidad.
5. En el MS-3 se detecto la capa de arena pumitica con algunas gravas hasta la profundidad de 1.8 m. subyaciendo se encuentra el estrato de arcilla de consistencia firme que se profundiza hasta los 7.5 m. debajo se encuentran unos lentes de limo y de gravas con arena, a partir de los 8.0 m. y hasta la maxima profundidad explorada (15.2 m.) se detecto basalto fracturado de color gris claro, con un estrato intermedio entre los 13 y 14.2 m. de boleos con arena limosa de color café.

6. En relación a la secuencia estratigráfica detectada en el predio de estudio se considera que las estructuras mas importantes y de mayor peso podrán ser ubicadas donde la roca volcánica se encuentra mas somera, caso concreto en el area donde se ubican los sondeos SM-7, SM-8 y SM-9 y un poco menos somero, en los sondeos SM-6 y SM-4.
7. En pruebas de saturación bajo carga, para determinar si la arcilla es expansible o estable, realizadas en los sondeos mixtos, se observó que la arcilla se encuentra en la frontera entre los suelos expansibles y los estables; sin embargo estos resultados pueden estar afectados por un pre-saturamiento del material originado por la realización de los sondeos en temporada de lluvias o porque la extracción de muestras se realizaron vía húmeda. Por tanto, para obtener un resultado más certero se recomienda utilizar los resultados de estas pruebas realizadas a las muestras cúbicas obtenidas de los pozos a cielo abierto, ya que estos se realizaron en sitios donde el NAF no se detectó y además la obtención de muestras se hizo vía seca. Estos resultados permitirán evaluar la deformación del subsuelo por saturación.
8. Si los resultados de las pruebas reportan arcillas expansivas se recomienda para evitar la expansión en cimentaciones superficiales, asignar cargas grandes a estructuras grandes. Ya que estructuras ligeras podrían estar sujetas a las deformaciones (expansiones) del suelo, provocando la deformación de éstas y su eventual falla.
9. Para la evaluación de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales (zapatas y losas de cimentación), desplantadas en la arcilla, se recomienda utilizar la teoría de capacidad de carga propuesta por Terzaghi, ya que los resultados de laboratorio (Figuras 18 a 33) determinan que se trata de suelos cohesivo-friccionantes. El valor de la capacidad de carga admisible estará dado por la afectación de un factor de seguridad aplicado a la capacidad de carga última, el cual se recomienda no menor a 2.5; esta última a su vez es función de los parámetros de resistencia obtenidos en laboratorio, de las dimensiones geométricas de la cimentación, y de la profundidad de desplante de la misma.

10. En las cimentaciones superficiales desplantadas en arcilla, se podrán evaluar los asentamientos elásticos y los debidos a consolidación con los valores obtenidos en los ensayos de compresibilidad (Figuras 34 a 51). La magnitud de estos dependerá de la carga de la estructura aplicada al subsuelo y área ocupada por la misma, de las dimensiones de la cimentación y la cercanía entre estructuras.

11. En las estructuras resueltas con cimentaciones superficiales y localizadas en las inmediaciones de los sondeos mixtos SM-7 a SM-9 (Figuras 10 a 12), se recomienda hacer el desplante en la roca volcánica (basalto), cuya profundidad se encuentra entre 0.8 y 1.2 m. Lo anterior eliminaría la potencial problemática de las arcillas expansivas.

12. Si las revisiones por estados límites de falla y de servicio indican que las cimentaciones superficiales son insuficientes para resolver las estructuras proyectadas, se podrán utilizar cimentaciones profundas, es decir pilotes de punta empotrados en la roca volcánica (basalto), o apoyados en algún estrato competente tal como el limo arenoso detectado a 13 m de profundidad en el sondeo SM-1 o la arena limosa cuya profundidad es de 9.3 m en el sondeo SM-10. En la roca volcánica, las pruebas de compresión axial en roca, obtenidas a la fecha, reportan valores de 432.83 a 861.65 kg/cm².

13. Los resultados de las pruebas de laboratorio y la secuencia estratigráfica completa se entregará en el informe técnico final, ya que éste se encuentra en proceso de elaboración.

III. ANTECEDENTES.

La Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), encomendó a **Benton y Asociados S.A.**, el estudio del subsuelo del predio donde se construirá la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “El Ahogado”, ubicado en el municipio de Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco, con el fin de conocer las características físicas y las propiedades de resistencia y deformación del subsuelo.

III.1. Descripción del proyecto.

El predio se ubica, en un contexto general, al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, entre el poblado de El Castillo y la carretera federal 44, al poniente del primero y al oriente de la última (Figura 1); colinda al norte con el ejido El Zapote y el vaso de almacenamiento de la Presa “El Ahogado”, al poniente con granjas avícolas, el resto de las colindancias son con terrenos agrícolas (Figura 2).

El sitio en estudio esta formado por tres polígonos vecinos, uno de ellos de 8 lados con un área de 299,997.81 m², otro de 4 lados cuya superficie es 203,916.22 m² y finalmente un terreno en negociación de 4 lados que cubre una superficie de 100,00.32 m² (Figura 3).

De acuerdo con la información proporcionada por el CEAS, se sabe que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tendrá una capacidad de 2.25 m³/seg y estará formada por las siguientes unidades: pretratamiento y cárcamo de bombeo, tratamiento primario, reactor biológico, clarificador secundario, tanque de contacto de cloro, digestores anaerobios, y deshidratado de lodos.

III.2. Marco geológico regional.

El subsuelo de la región pertenece al período Terciario, y se compone de rocas calizas y de rocas ígneas; de estas últimas predominan la riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica (ref. 1). El predio en estudio se localiza en un valle formado por depósitos aluviales, limitado al norte por lomeríos de rocas volcánicas (Fotografías 36 y 37).

IV. ESTUDIOS DE CAMPO

IV.1 Exploración del subsuelo.

Atendiendo a las dimensiones del predio, a las condiciones estratigráficas previstas y los requerimientos del proyecto, para la exploración del subsuelo se plantearon los siguientes sondeos, de conformidad con la supervisión técnica del CEAS, cuya localización está dada en la Figura 3.

- Diez sondeos mixtos, continuos (M-1 a M-10), cuyas profundidades se encuentran entre 12.7 y 15.75 m.
- Dos pozos a cielo abierto (PCA-1 y PCA-2), hasta 3.0 m de profundidad.

Para la realización de los sondeos mixtos, se utilizaron dos equipos de perforación, uno de tipo rotatorio, con motor a diesel y sistema hidráulico de hincado, montado sobre un camión para su desplazamiento y apoyo; el otro montado sobre patines metálicos (Fotografías 3 a 11). El muestreo en los sondeos mixtos fue continuo, con recuperación alternada de especímenes del tipo alterado e inalterado. Las muestras alteradas se extrajeron mediante la técnica conocida como ensaye de penetración estándar y las inalteradas, mediante muestreadores de pared delgada (tipo Shelby), hincados a presión con o sin rotación.

El ensaye de penetración estándar utiliza la herramienta conocida como penetrómetro estándar, que al tiempo que recupera las muestras, permite estimar la consistencia o compacidad del suelo a través del número de golpes que se deben aplicar con un martillo de 64 kg de peso, con caída libre de 76 cm, para alcanzar una penetración de 30 cm (Fotografía 14). En las Figuras 4 a 13, se reportan los resultados de los ensayos de penetración, así como la ubicación de los especímenes inalterados extraídos.

Los sondeos a cielo abierto permitieron observar directamente las características estratigráficas de la parte superficial del subsuelo, a la vez de rescatar muestras inalteradas de los estratos principales (Figuras 14 y 15 y Fotografías 25 a 35). La excavación de los pozos se realizó con maquinaria (retroexcavadora-cargadora), hasta los 3 m de profundidad. Las muestras inalteradas se obtuvieron al labrar un cubo de suelo

de 25 cm de arista. Posteriormente la muestra se envolvió con manta de cielo, la que se impregnó con una mezcla caliente de parafina y brea; en la cara superior de la muestra se colocó una etiqueta de identificación. En un formato se registró la descripción y clasificación de los estratos, y se indicó gráficamente la profundidad de las muestras.

V. ENSAYES DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas en los sondeos se trasladaron al laboratorio, donde se ejecutaron los ensayos que se mencionan a continuación para determinar sus propiedades índice y con ello obtener su correcta identificación (Figuras 4 a 17).

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco, según el Sistema Unificado (SUCS).
- Contenido de agua.
- Límites de consistencia, líquido y plástico.
- Análisis granulométrico.
- Determinación del porcentaje de partículas retenidas en las mallas 4 (4.69 mm) y 200 (0.074 mm).

En adición, en muestras inalteradas representativas se realizaron los siguientes ensayos especiales para determinar su resistencia al corte y su compresibilidad:

- Torcómetro o veleta de laboratorio (Figuras 4 a 15)
- Compresión triaxial no consolidada –no drenada, UU (Figuras 18 a 29)
- Compresión triaxial consolidada –no drenada, CU (Figuras 30 a 33)
- Consolidación unidimensional (Figuras 34 a 51)
- Saturación bajo carga (Figuras 52 a 58).
- Compresión axial en roca (Figuras 65 a 68).

VI. SECUENCIA ESTRATIGRAFICA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

De acuerdo con la ref. 1, el sitio se localiza en un valle formado por depósitos aluviales, limitado al norte por lomeríos de rocas volcánicas. En clara concordancia, la secuencia estratigráfica está conformada por arenas pumíticas en la superficie, arcillas de alta plasticidad con algunas intercalaciones de estratos de limos y derrames basálticos, (Figuras 4 a 13).

Capa Vegetal (a partir de la superficie y hasta 50 cm).

Se trata de arcilla con arena fina y media, con raíces, en los sondeos SM-5 a SM-9 (Figuras 8 a 12). Con resistencia a la penetración estándar de 8 a más de 50 golpes.

Arena Pumítica (a partir de la superficie ó 20 cm de profundidad y hasta 1.8 m).

Este estrato no se detectó en el sondeo SM-9. Se trata de arena pumítica limosa de color café claro o gris claro, cuya resistencia a la penetración estándar oscila entre 6 a más de 50 golpes.

Arcilla de alta plasticidad (detectada desde 1.0 de profundidad y hasta más de 15.3 m).

Es un estrato de espesor muy variable, se trata de arcillas de alta plasticidad de colores café grisáceo, café verdoso y gris claro. En el SM-1 se detectó desde 1.0 y hasta 13.9 m de profundidad, con arena fina en sus primeros 1.3 m; en el sondeo SM-2 su espesor es de 15 m, detectándose desde 1.3 a 15.3 m de profundidad; en el sondeo SM-3 se ubica entre las profundidades 1.8 y 7.5 m; en el SM-4 su espesor es de 1.9 m, se detectó de 1.7 a 2.6 m de profundidad; en el sondeo SM-5 se detectó de 1.8 a 10.8 m de profundidad; en el sondeo SM-6 se localiza de 1.1 a 4.2 m de profundidad, con unas intercalaciones de arenas arcillosas; en los sondeos SM-7 y SM-8 no se detectaron estas arcillas; por su parte en el SM-9 se encuentra desde la superficie, con raíces, y hasta 1.1 m de profundidad; finalmente en el sondeo SM-10 está de 1.5 a 3.8 m de profundidad.

Limo arenoso de alta plasticidad (detectada desde 4.1 o 13 m de profundidad y hasta 6.2 o más de 15.3 m).

De consistencia firme a dura, de color café verdoso. Detectado en los sondeos SM-1 y SM-10, en el primero de 13 a 15.3 m de profundidad, en el otro de 4.1 a 6.2 m de profundidad.

Roca volcánica (basalto) (detectada desde 0.8 o 12.7 m de profundidad y hasta más de 15.75 m).

De color gris claro a negro, fracturado. En algunos casos de tipo vesicular. Detectado en los sondeo SM-3 a SM-9, con profundidades variables y en todos los casos hasta la máxima profundidad explorada. En el sondeo SM-3 se detectó a partir de los 8.0 m de profundidad, con una intercalación de 1.1 m de espesor a los 13.0m de profundidad de boleos empacados en arena limosa; en el sondeo SM-4 se detectó a partir de los 5 m de profundidad, con boleos del mismo basalto en sus primeros 40 cm; en el sondeo SM-5 se detectó a partir de los 12.6 y hasta más de 15.6 m, de tipo vesicular; en el sondeo SM-6 se detectó desde los 4.2 y hasta más de 15.75 m de profundidad; en el SM-7, de 1.2 a 4 m de profundidad es de tipo vesicular, el resto hasta la máxima profundidad explorada es fracturado; en el sondeo SM-8 es de tipo vesicular se encuentra entre 0.8 y 2.2 m de profundidad, debajo y hasta más de 14.55 m es de tipo fracturado; en el SM-9 de 1 a 4 m de profundidad es de tipo vesicular, de 4.0m y hasta la máxima profundidad explorada es de tipo fracturado. En el sondeo SM-10 se detectó a partir de los 12.5 m..

Arena limosa con gravas (detectada de 9.3 a 12.5 m de profundidad).

Detectado únicamente en el sondeo SM-10, se trata de un estrato de arena gruesa a fina, limosa de color café grisáceo, con gravas. En conjunto, este estrato presenta resistencia a la penetración estándar golpes mayores a 50.

VI.3 Nivel Freático y Piezometría

En los sondeos mixtos SM-1 a SM-7, el nivel freático se localiza entre 0.70 y 6.35 m de profundidad (ver tabla 1); en los sondeos SM-8 a SM-10 no se precisó la posición del nivel freático.

TABLA 1

SONDEO MIXTO	POSICION DEL NAF
	PROF. (M)
SM-1	6.35
SM-2	5.50
SM-3	3.20
SM-4	4.20
SM-5	4.70
SM-6	3.40
SM-7	0.70
SM-8	No se precisó
SM-9	No se precisó
SM-10	No se precisó

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Jalisco, "Enciclopedia de los municipios de México, Jalisco, Tlajomulco de Zuñiga", 2000.