

PATOLOGIAS EN CONSTRUCCIONES SOBRE AREAS IMPACTADAS POR EL VERTIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS.

PATHOLOGY IN BUILDINGS OVER SOLID WASTE DUMPED AREAS.

Espinace R., Caffarena J., Palma J.
Universidad Católica de Valparaíso, Chile

V Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones, Montevideo, Uruguay, Octubre 1999

RESUMEN

La construcción de estructuras sobre rellenos artificiales de mala calidad, trae asociadas patologías que están relacionadas con los problemas geotécnicos de estos terrenos. En muchas ciudades de Chile, existen áreas que han sido rellenas para recuperar depresiones naturales o artificiales. Sobre éstos se han construido diversas estructuras, que con el correr del tiempo desarrollan patologías recurrentes debido a la mala capacidad portante de estos terrenos y/o a los asentamientos inadmisibles que se generan. Entre los rellenos artificiales que actualmente se encuentran con mayor facilidad en grandes ciudades, están los rellenos de residuos sólidos urbanos, que presentan variadas características que van desde vertederos incontrolados, donde se encuentran residuos que se han dispuesto sin ningún control de la operación, a rellenos sanitariamente controlados, donde se realiza un control sobre la operación de disposición de los residuos. El presente artículo presenta una serie de patologías que se han detectado en construcciones realizadas en Chile, sobre antiguos depósitos de residuos sólidos, y las soluciones adoptadas.

Palabras claves: Patología, geotecnia, rellenos sanitarios, residuos sólidos, asentamientos.

ABSTRACT

Building over bad quality fills, brings along associated pathologies related with geotechnics problems in these particular lands. In many cities of Chile, there exist areas, that have been filled up to recover natural or artificial excavations, without control neither over operation nor fill's materials. Many constructions have been taken place over old fills and with time, they have been developing pathologies due to bad bearing capacity and/or inadmissible settlements that are generated because of this situation. Currently, is it possible to find artificial fills in big cities, these fills were filled with solid waste and presents varied characteristics. We can find open dumped where solid wastes were disposed without compacting and thickness control to sanitary landfills where solid wastes were well disposed. This paper present some pathology detected in constructions, buildings over old landfills in Chile, and experiences and solutions adopted.

Keywords: Pathology, geotechnic, sanitary landfills, solid wastes, settlements, bearing capacity

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años, ha sido común la presencia de patologías en construcciones de estructuras sobre rellenos artificiales de mala calidad, asociadas a problemas geotécnicos como baja capacidad portante y/o asentamientos inadmisibles, entre otros. Muchas veces, estas áreas han sido rellenadas para recuperar depresiones naturales, artificiales o como en el caso de Santiago, recuperar grandes pozos de explotación de áridos abandonados.

Entre los rellenos artificiales que presentan mayores dificultades desde el punto de vista geotécnico, están los rellenos de residuos sólidos urbanos, los que tienen características que van desde vertederos incontrolados a rellenos sanitariamente controlados. Estos últimos a diferencia de los primeros, tienen un adecuado control sobre las características de los residuos que se disponen y sobre la metodología de colocación en terreno (densidades, espesores de capa, etc.), lo que lleva a que sus asentamientos, importantes en relación con los suelos, sean generalmente menores que en rellenos incontrolados.

Esto tiene una gran importancia, ya que la mayoría de las patologías observadas se presentan en rellenos incontrolados, situación que debería ser modificada en el tiempo con la tendencia a la construcción de rellenos sanitarios controlados. Sin embargo, para ambos el destino final para la construcción de estructuras es una de las alternativas más utilizadas, principalmente si estas zonas van quedando inmersas dentro del radio urbano. Al respecto, la literatura especializada presenta varios casos sobre cimentación de estructuras en antiguos vertederos o rellenos sanitarios.

Algunas de las soluciones que se han utilizado para cimentar en estos casos son:

- La remoción parcial o total de los residuos y su reemplazo por material de mejor calidad, dispuesto en condiciones controladas y sobre el cual se cimienta la estructura.
- El mejoramiento de estos rellenos, recurriendo a prácticas de estabilización geotécnicas como la compactación del relleno, la consolidación dinámica, la precarga u otros.
- La cimentación profunda mediante pilotes
- La disposición sobre el relleno de una capa de sellado superficial de suelo de buena calidad, debidamente compactado y sobre la cual se emplaza la estructura.

La construcción sobre antiguos vertederos exige además, que se consideren restricciones medioambientales como migraciones de biogas, lo que obliga a instalar sistemas de ventilación bajo edificaciones o minimizar el ingreso de aguas superficiales al interior del relleno, lo que aumentaría la generación de biogas y de líquidos lixiviados. Estos autores han estudiado durante años el problema de la construcción sobre estos rellenos y son numerosos los trabajos presentados donde se proponen parámetros y modelos de cálculo.

2. CONSTRUCCION SOBRE RELLENOS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CHILE

Una de las primeras referencias chilenas sobre el tema se encuentran en el 2º Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica (1982), donde se cita el problema de fallas catastróficas por asientos diferenciales de cimientos apoyados sobre rellenos de basura no detectados, en algunos grupos habitacionales de Santiago. Posteriormente, en el VIII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria, Fajardo M. (1989), planteó que en algunas comunas de Chile se ha permitido edificar sobre terrenos que fueron rellenos con basuras, produciéndose con posterioridad, graves y variados deterioros en sus estructuras, interiores y redes de servicios. En particular, se estudia el caso de un conjunto habitacional en Santiago, determinándose que el 30% de las viviendas presentaban deterioros graves y sólo el 36% no presentaban deterioros visibles; se investigaron las causas que provocaron los daños de las construcciones mediante estudios de mecánica de suelos. Una conclusión planteada en ese trabajo, que es coincidente con una iniciativa propuesta por estos autores al Ministerio de la Vivienda y Urbanismo de Chile, es la necesidad de que las municipalidades del país dispongan de un catastro de todos los terrenos del tipo de relleno artificial y que en los respectivos planes reguladores sean asignados para zonas compatibles sólo con el uso que a ellos se pueda dar.

En la última década, el estudio "Diseño de un Plan de Cierre y Rehabilitación de Areas Utilizadas como Vertederos o Rellenos Sanitarios"(1997), mostró que existen varios casos donde se ha construido sobre sitios ocupados por antiguos vertederos, sin que haya existido un estudio riguroso previo. Uno de ellos, es el caso de una población compuesta por 13 edificios de 3 pisos, construida el año 1986 en la ciudad de Valparaíso. Luego de adjudicarse la propuesta por parte de un organismo del estado, y sin contar con un estudio previo de mecánica de suelos, ni otros antecedentes que habría sido necesario conocer, se iniciaron las obras de construcción descubriéndose que el emplazamiento de este conjunto habitacional, se situaba parcialmente sobre un antiguo vertedero incontrolado de residuos, empleado en los años 50, que relleno una zona de quebradas. Se paralizó la obra, se realizaron exploraciones del terreno mediante calicatas profundas, ensayos de penetración dinámicos y ensayos de laboratorio. El estudio concluyó que era necesario modificar los sistemas de cimentación previamente definidos en varios edificios, y además modificar el emplazamiento de algunos. Es probable, que a pesar de los esfuerzos que se materializaron en una modificación del proyecto, algunas de las construcciones del sector hayan quedado sobre antiguos rellenos, comprometiéndose su respuesta principalmente bajo acciones sísmicas, aunque a la fecha, las inspecciones visuales realizadas no acusan patologías de consideración.

Otro caso destacado corresponde al antiguo vertedero de Macul, que fue uno de los siete lugares para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios con el que contaban las 17 comunas que componían el Area Metropolitana de Santiago a fines de la década de los sesenta y comienzos de los setenta. En este terreno, se ha construido recientemente un gran parque de atracciones. La diferencia con el caso anterior está en que se realizaron estudios previos al desarrollo del proyecto definitivo, principalmente mediante sondeos del tipo SPT y exploraciones geofísicas de refracción, cuyos resultados unidos a interpretaciones aerofotogramétricas, concluyeron en que la profundidad de los residuos en algunas zonas a construir alcanzaba hasta los 14 m. El estudio concluyó que era necesario un mejoramiento

general del suelo superficial mediante una remoción de un espesor de materiales variable entre 40 y 120 cm. y su reemplazo por un relleno compactado en toda la superficie del proyecto, dando las pendientes necesarias para el manejo de las aguas y evitar así su ingreso al relleno. Las estructuras livianas deberían construirse mediante losas simplemente apoyadas en el relleno condicionadas a que fuesen lo más isostáticas posibles, susceptibles de renivelarse y considerando coeficientes de aceleración sísmica mayorados para las estructuras soportadas por estas losas. Las estructuras mayores, se construyeron mediante pilotes cuya profundidad estaba determinada por el rechazo en los sondeos SPT. Se recomendó el empleo de pilotes hormigonados "in situ" con camisa metálica, pero se desconoce si se tomaron precauciones para minimizar su corrosión por el efecto de los lixiviados del vertedero.

El caso de reinserción del ex relleno sanitario **La Feria**, es uno de los mejores ejemplos tanto a nivel nacional como iberoamericano de rehabilitación de grandes rellenos sanitarios abandonados. Este relleno sanitario estuvo en operación activa entre 1977 y fines de los años ochenta. Desde su clausura, este relleno ubicado en el centro de un área poblacional quedó en abierta situación de abandono, generando un impacto negativo debido principalmente a su condición de lugar clandestino de acopio de residuos, foco de insalubridad y centro de acciones delictuales. El gobierno decidió desarrollar a partir de 1993 este proyecto de rehabilitación, que ha concluido en su primera etapa dando paso a un gran parque de 11,7 Ha. Lo destacable para efectos de esta publicación, fue la construcción sobre el vertedero de una importante conexión vial, realizada sobre parte del relleno de residuos sólidos que tiene un espesor superior a 15 metros. En esta vía, a pesar de haber realizado una mejora del área ocupada consistente en la remoción de aproximadamente 1 metro de relleno y su reemplazo por material granular compactado, se han presentado notorios asentamientos los que han obligado a constantes reparaciones que deberán continuar mientras no se produzca la estabilización de los procesos de descomposición. El origen de los asentamientos, fue acentuado debido a un inadecuado manejo de las aguas de riego del parque y de las pendientes asignadas al proyecto. Se ha recomendado renivelar, acentuar los controles sobre el riego del parque y optar por pavimentos de tipo flexible, por su capacidad de adaptarse a los eventuales asentamientos superficiales del relleno.

3. INVESTIGACION EXPERIMENTAL

El grupo de geotecnia de la UCV, ha venido realizando desde 1989 una investigación en un modelo de edificación experimental de 16 m² de superficie, construida sobre un relleno sanitario. Este relleno sanitario, está ubicado en la ciudad de Limache, provincia de Quillota, aproximadamente a 50 km de Valparaíso, tiene una superficie aproximada de 7 Ha, fue inaugurado en 1983 y operó hasta mediados de 1990. Fue el lugar de disposición final de los residuos sólidos de todos los municipios de la provincia de Quillota, prestando servicios a una población del orden de 215.000 habitantes. Los residuos sólidos depositados en el relleno poseían una importante fracción de residuos orgánicos, y bajos contenidos de papeles, cartones y plásticos, típicos de zonas rurales, como es el caso de Limache en Chile.

Los objetivos principales de esta investigación son el estudio del comportamiento deformacional del relleno bajo cargas y realizar un seguimiento del comportamiento estructural de la construcción. La edificación experimental fue construida sobre un sector del relleno sanitario, que a la fecha tenía 6 años de antigüedad y aproximadamente 6 metros de espesor de relleno de residuos sólidos. El propósito fue representar condiciones de degradación de los

residuos lo más estables posibles, similares a las que se buscan en proyectos reales de rehabilitación, con condiciones de cimentación desfavorables.

El área del relleno donde se ubicó la edificación experimental, contaba con una capa de suelo de recubrimiento de aproximadamente 20 cm de espesor, por lo que existía dificultad para realizar fundaciones debido a la agresiva acción de los residuos, gases y líquidos lixiviados existentes. Debido al inconveniente de fundar bajo la superficie del relleno, fue necesario construir un terraplén de suelo arenoso arcilloso, SC (CL), compactado, de aproximadamente 1m de espesor, para dar confinamiento suficiente a la cimentación.

La edificación experimental cuenta con una cimentación conformada por zapatas continuas de 0,30 m de ancho y 0,8 m de alto, de hormigón armado con cuatro fierros de 8 mm de diámetro y cercos de fierro de 6 mm de diámetro dispuestos cada 20 cm. Los muros son de albañilería en base a bloques macizos de hormigón de 20 cm por 20 cm, reforzados con pilares y cadenas de hormigón armado que conforman el entramado resistente. Los pilares tienen una dimensión de 20 cm por 20 cm y una armadura de cuatro fierros de 8 mm con cercos de fierro de 6 mm cada 20 cm. El refuerzo superior está conformado por una cadena de 20 cm por 30 cm, con cuatro fierros de 8 mm con cercos de 6 mm cada 20 cm. Se han dispuesto escuadras de refuerzo de fierro de 8 mm en todos los encuentros, con el propósito de dar un mayor arrostriamiento a la estructura, y pueda soportar de mejor manera los asentamientos diferenciales.

Las armaduras de los elementos estructurales se han realizado con fierro estriado en las dimensiones antes señaladas. En cuanto a los hormigones, se confeccionaron con cemento portland puzolánico tipo H20 (20 MPa resistencia a compresión), para la cimentación y del tipo H30 (30 MPa resistencia a compresión) para los elementos estructurales. Para el caso de los morteros de pega, éstos se confeccionaron en proporción 1:3 (cemento:arena).

El diseño de la edificación experimental, que se presenta en planta y elevación en la figura siguiente, consideró transmitir al relleno diferentes estados tensionales ($0,1 \text{ kg/cm}^2$; $0,25 \text{ kg/cm}^2$; y $0,62 \text{ kg/cm}^2$).

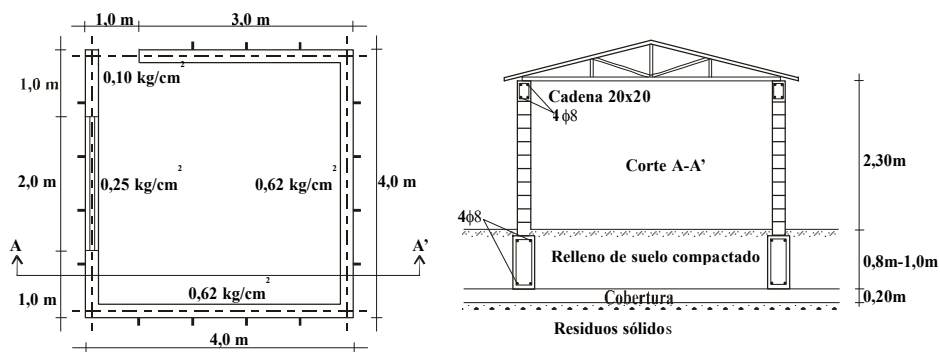


Figura 3.1 Planta y elevación de la edificación experimental

Los resultados obtenidos a la fecha, muestran que la estructura se ha comportado satisfactoriamente, a pesar de los niveles de deformación que se han generado producto de los asentamientos diferenciales y las sollicitaciones adicionales producidas por algunos movimientos sísmicos de mediana magnitud que se han registrado en la zona en los últimos 10 años. Las deformaciones registradas superan los 35 cm en las zonas de mayor carga y están sobre los 25 cm en las zonas de menor sollicitación.

Desde el punto de vista de las patologías observadas en las estructuras, se puede señalar que en los elementos estructurales no se observan daños de consideración que comprometan la seguridad estructural de los mismos.

El análisis individual de los elementos observados, conduce a que las patologías en los elementos de relleno (albañilerías de bloques de hormigón) producto del asentamiento diferencial de los elementos estructurales, resultan ser fisuras escalonadas que siguen el material de unión de estos elementos. En el caso de las estructuras que utilizan como material de relleno bloques de hormigón de 200 mm. de arista, (relleno sanitario de la ciudad de Limache) las fisuras tienden a propagarse por el material de unión, el cual presenta una menor resistencia mecánica que el bloque de hormigón. La propagación de estas fisuras coincide con lo señalado por el Ingeniero francés J.Robine ("Maladies épidémiques dans les constructions". Institute Technique du Batiment et des Travaux Publics. 1969)

En algunos elementos estructurales, se han observado fisuras por corrosión. Estas, pueden ser producidas por la acción de los gases generados en el proceso de descomposición de la basura. La composición química de este gas, biogas, formada principalmente por Metano, Bióxido de carbono, Nitrógeno, Oxígeno, Sulfhídrico, sulfuros y disulfuros, amoniaco, Hidrógeno, Monóxido de carbono y trazas, facilita la corrosión de armaduras de los elementos estructurales. Tal efecto ha sido observado en los pilares de la estructura, los que en algunos casos presentan este tipo de fisuras. La presencia de este tipo de fisuras en los elementos verticales, nos lleva a pensar que se encuentran además en los elementos de fundación, los que se sitúan en una zona de mayor susceptibilidad de ataque ácido. Este material agresivo, genera un aumento de volumen en la barra de acero, provocando un "descascamiento o desconchado" del hormigón de recubrimiento.

4. COMENTARIOS FINALES

Durante los últimos años, en Chile la Geotecnia Ambiental ha tenido una creciente participación en los proyectos de rehabilitación de antiguos vertederos y en la construcción sobre estos, tanto en las etapas de proyecto como de construcción. Es claro que en los próximos años esta participación irá en aumento, sobretodo considerando los resguardos técnicos y medioambientales que se requerirán a futuro.

En algunos de estos antiguos vertederos donde se han realizado proyectos de inserción después de varios años de abandono, la participación geotécnica ha consistido principalmente en

el reconocimiento del subsuelo generalmente mediante calicatas y ensayos de penetración dinámica; la caracterización de los materiales a través de ensayos de laboratorio; la estimación de la deformabilidad principalmente aplicando los modelos planteados por Sowers (1973), y últimamente modelos de tipo exponencial. La capacidad portante se ha estudiado principalmente a través de ensayos de placa de carga, ensayos de carga en canchas de prueba, y el seguimiento del comportamiento de estructuras experimentales. El análisis de la estabilidad de taludes tanto en condiciones drenadas como no drenadas, se ha realizado principalmente mediante back análisis.

Se ha podido comprobar que la alternativa de construir, sobre estos terrenos es factible siempre que se cuente con los estudios previos necesarios y se consideren algunos de los resguardos aquí mencionados. Se mantiene la incertidumbre de cual será el comportamiento de las estructuras construidas en estas condiciones, ante eventos sísmicos importantes, los que no se han presentado en la zona central del país, en los últimos 14 años. Este tema es fundamental para un país como Chile de una elevada sismicidad.

Para el caso de minimizar patologías que surjan debido a los asentamientos diferenciales que pueden afectar a las diferentes estructuras que se construyan sobre rellenos de residuos sólidos, además de las posibilidades de realizar reparaciones puntuales cuando ocurran, existen dos criterios generales que se han impuesto en los diferentes casos que se han estudiado. En primer término, cuando se trata de estructuras de envergadura, se debe evitar transmitir cargas directamente sobre el relleno o remover parte importante de éste para reemplazarlo por material más competente. En otros casos, se recurre a cimentaciones profundas como pilotes o pilas que transmiten las cargas a los estratos resistentes bajo el relleno. Para el caso de estructuras livianas, como casas u obras de tipo vial, se realizan mejoramientos del relleno a nivel subsuperficial, para disminuir la magnitud de los asentamientos y aumentar la capacidad portante del terreno; además se diseñan cimentaciones armadas. En el caso de obras viales, canchas y pistas deportivas o estacionamientos, se debe asumir la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento con mayor periodicidad y utilizar preferentemente pavimentos de tipo flexible o semiflexible.

La solución aplicada en países desarrollados de mejorar las características geotécnicas de los antiguos rellenos de residuos sólidos, recurriendo a sistemas de estabilización mecánicos como consolidación dinámica, precarga u otros, no ha sido de aplicación en Chile. Este tema debería ser evaluado en futuros proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Dirección de Investigación y a la Escuela de Ingeniería en Construcción, de la Universidad Católica de Valparaíso, por el apoyo prestado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Espinace, R..(1983) "El Vertedero Sanitario y su Empleo como Suelo de Fundación", V Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y del Ambiente, Temuco, Chile.

- Espinace, R., Palma J., (1990) "Problemas Geotécnicos de los Rellenos Sanitarios", Revista Ingeniería Civil, CEDEX N°77, Ed. Octubre-Diciembre de 1990, Madrid, España..
- Espinace, R. Diaz, I., Palma J., (1991) "Propiedades Mecánicas del Relleno Sanitario de Limache". IX Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Viña del Mar, Chile.
- Espinace, R., Palma J., Sánchez-Alciturri J.M., (1999) "Experiencias de aplicación de modelos para la determinación de los asentamientos de rellenos sanitarios", XI Congreso Panamericano de Mecánica. de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Foz do Iguazu, Brasil
- Fajardo, M., (1989), "Edificación en rellenos artificiales formados por basuras". VIII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Serena, Chile.
- Hirata, T., et al. (1995), "Construction of facilities on the closed landfills". Sardinia 95. Fifth International Landfill Symposium, (1995), editorial CISA, Italia.
- Oyarzún, A., y Rojas, L., (1979), "El Relleno Sanitario y la Posibilidad de Recuperación y Utilización". Tesis para optar al título de Constructor Civil, U.C.V., Chile.
- Palma J.H., (1995). "Comportamiento geotécnico de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos". Tesis doctoral, U. de Cantabria, Santander, España.
- Robine, J., (1969), "Maladies épidémiques dans les construction". I.T. du Batiment et des T.P.
- Sánchez Alciturri, Palma, Sagaseta, y Cañizal, (1991), "Aspectos geotécnicos del vertedero sanitario de Meruelo". Revista técnica del Medio Ambiente, Nov.-Dic. España.
- Sowers, G.F., (1968), "Foundation Problems in Sanitary Landfills". Journal of the sanitary division, ASCE, vol. 94, N° SA1, pp. 103-116.
- Sowers, G.F., (1973), "Settlement of waste disposal Fills". 8ª Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineerings, vol. 2, pp. 207-210. Moscú.
- Universidad Católica de Valparaíso. (1997), "Diseño de un Plan de Cierre y Rehabilitación de Areas Utilizadas como Vertederos o Rellenos Sanitarios", Conama, BHIRF, Chile.