

## Case Histories: Use of Geosynthetics in the New Airport of Mexico City.

Gregorio Hernández Cristóbal, TDM México SA de CV. Ciudad de México, México.

Carlos Antonio Centurión, Grupo TDM., Ciudad de México, México.

Erick Sanchez Barrales, TENSAR International, Ciudad de México, México.

### ABSTRACT

The New Mexico City Airport was for several years the largest work using geosynthetics in the region. This work that occupied an area of almost 5 thousand hectares was going to have a first terminal of 743 thousand square meters by 2020 with the capacity to receive up to 50 million passengers every year, which translates into about 440 thousand flights. and that in its maximum development in 2060 it would have two terminals and six runways that would allow the landing and / or takeoff of up to three planes at the same time, being able to receive up to one million flights a year, which would be equivalent to 120 million passengers, approximately four times more than the current airport. Until its stoppage in 2018, at the NAICM, as it was known, more than 8 million square meters of multiaxial geogrid had already been installed, approximately 11 million m<sup>2</sup> of geotextile and more than 70 million linear meters of vertical drains, in stabilization of internal access roads, stabilization of the large foundation slab of the terminal, boarding / landing platforms, control tower and landing strips 2, 3 and 6, making it, perhaps, the largest geosynthetic work in the world.

### RESUMEN

El Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México fue durante varios años la mayor obra con uso de geosintéticos de la región. Esta obra que ocupaba una superficie de casi 5 mil hectáreas iba tener a 2020 una primera terminal de 743 mil metros cuadrados con capacidad para recibir hasta 50 millones de pasajeros cada año, lo que se traduce en cerca de 440 mil vuelos. y que en su máximo desarrollo en 2060 iba a tener dos terminales y seis pistas que permitirían el aterrizaje y/o despegue de hasta tres aviones al mismo tiempo, pudiendo recibir hasta un millón de vuelos al año, lo que equivaldría a 120 millones de pasajeros, aproximadamente cuatro veces más que el actual aeropuerto. Hasta su paralización en 2018, en el NAICM, como se le conocía, ya se habían instalado más de 8 millones de metros cuadrados de geomalla multiaxial, aproximadamente 11 millones de m<sup>2</sup> de geotextil y más de 70 millones de metros lineales de drenes verticales, en estabilización de caminos de acceso interno, estabilización de la gran losa de cimentación del terminal, plataformas de embarque/desembarque, torre de control y pistas de aterrizaje 2, 3 y 6, convirtiéndola, talvez, en la mayor obra con uso de geosintéticos del mundo

### 1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace unos meses atrás, el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), venía siendo construido en la Zona Federal del ex lago de Texcoco, región noroeste del valle de México o también llamado valle del Anáhuac, dentro de los municipios de Texcoco y Atenco. Las casi 5 mil hectáreas donde tomaría forma el NAICM fueron seleccionadas en base a estudios de factibilidad y técnicos que se enfocaron en criterios de funcionalidad y eficiencia, sustentabilidad, factibilidad técnica y financiera, flexibilidad de crecimiento futuro e innovación tecnológica, entre otros, realizados por ARUP, Corporación MITRE, Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO), Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM (El Universal, 2014).

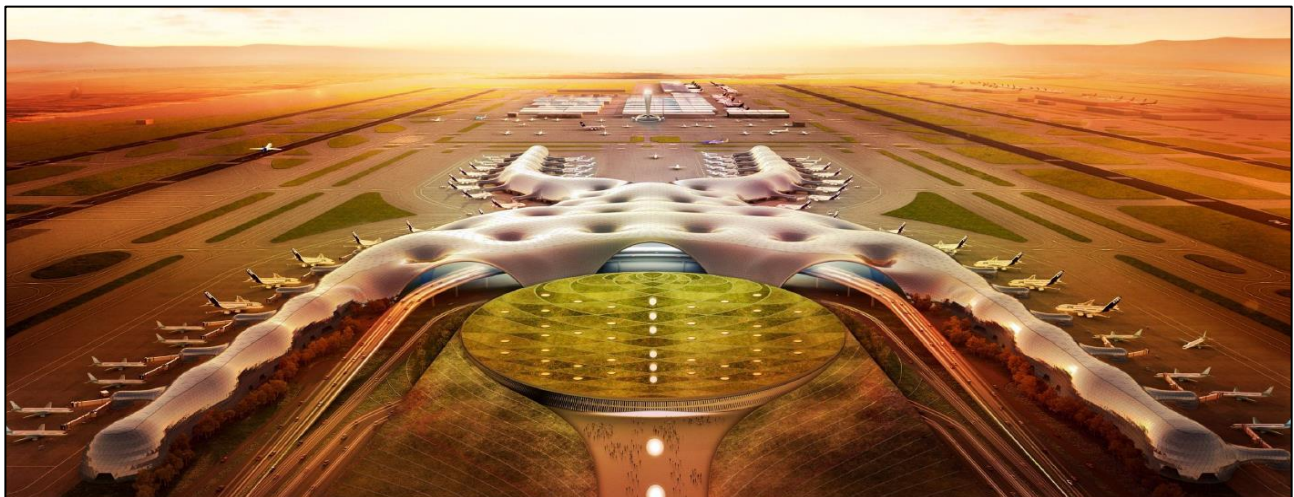


Figura 1. Terminal del NAICM (tomada del sitio web CONEXION3DCAD, 2016)

El diseño arquitectónico del NAICM estuvo a cargo de los Arquitectos Fernando Romero, fundador del despacho de arquitectura FR-EE y Norman Foster, ganador del Premio Pritzker, reconocimiento equivalente al Nobel de Arquitectura (CESOP, 2018).

En su primera etapa iba a tener capacidad para recibir hasta 50 millones de pasajeros cada año, lo que se traduce en cerca de 440 mil vuelos. En su máximo desarrollo tendría dos terminales y seis pistas que permitirían aterrizar y/o despegar hasta tres aviones al mismo tiempo, pudiendo recibir hasta un millón de vuelos al año, que equivaldría a 120 millones de pasajeros, aproximadamente cuatro veces más que el actual aeropuerto (GACM-SCT, 2016).

| Actual AICM                                                                                                                                                                                                                                         | Primera fase                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Máximo desarrollo                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 millones de pasajeros por año</li> <li>• 365,000 operaciones por año</li> <li>• 2 pistas paralelas no simultáneas</li> <li>• 96 plataformas de aeronaves</li> <li>• 770 hectáreas de terreno</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 millones de pasajeros por año</li> <li>• 410,000 operaciones por año</li> <li>• 3 pistas paralelas simultáneas</li> <li>• 118 plataformas de aeronaves</li> <li>• 4,431 hectáreas de terreno</li> <li>• 76 posiciones de contacto y 42 posiciones remotas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 120 millones de pasajeros por año</li> <li>• 1,000,000 operaciones por año</li> <li>• 6 pistas con operación triple simultánea</li> <li>• 210 plataformas de aeronaves</li> <li>• 4,431 hectáreas de terreno</li> </ul> |

Figura 2. NAICM. Programa de desarrollo progresivo (CESOP, 2018)

Sin embargo, desde el punto de vista geotécnico, el suelo fue el gran problema a resolver. La tasa anual de asentamiento en la zona es muy alta; de hecho, es el área en toda la cuenca de México que registra la mayor tasa de hundimiento, aproximadamente entre 30 y 40 centímetros por año, debido a que los materiales que conforman la fundación son suelos excesivamente compresibles y al bombeo de agua indiscriminado de los estratos profundos para el abastecimiento de agua potable de la ciudad. Ese tipo de material, además, puede retener hasta cinco veces su volumen de agua, es decir, tienen de 400 a 500% de contenido de agua gravimétrico, lo que significa que es un material altamente deformable (GACM, 2017).

## 2. OBRAS EN EL AEROPUERTO

La etapa de contratación construcción del NAICM en 2015 incluyó un paquete de obras denominadas obras preliminares que incluían obras de nivelación del terreno, drenajes pluviales y sanitarios, cimentación de terminal, subestación eléctrica, pistas 2, 3 y 6 con sus respectivas calles de rodaje y torre y centro de control (CESOP, 2018).

**2.1. Caminos internos para construcción.** Por la movilidad que se tenía dentro del aeropuerto, se diseñaron caminos para facilitar el traslado de materiales, fueron 13 grandes ejes, divididos en ejes primarios sur a norte y secundarios de oriente a poniente, totalizando 48.3 kilómetros de caminos internos. Los caminos presentaban un ancho de corona de 16m con capacidad para 4 vehículos a la par. De sur a norte, en un solo día, circulaban más de 15,000 camiones. La estructura construida estuvo conformada por un terraplén con núcleo de tezontle y extremos conformados por grava compactada, con la finalidad de favorecer el libre drenaje lateral. La estabilización del terraplén fue hecha con geomallas multiaxiales rígidas sobre un geotextil de separación no tejido de polipropileno. La estructura de pavimento estuvo conformada por una base hidráulica, una base negra y una carpeta asfáltica. Con estas mismas vías, fueron eliminados más de 2.3 millones de m<sup>3</sup> de escombros producto de las operaciones de limpieza.

**2.2. Nivelación y limpieza.** Debido al origen lacustre de los suelos, los hundimientos y deformaciones conformaron el mayor desafío para los ingenieros encargados del diseño de las cimentaciones en este proyecto. Para controlar esto, como medida inicial fue especificada la limpieza, retirada de escombros y la construcción de una plataforma de circulación de 1.147 hectáreas, conformada por un geotextil no tejido de polipropileno SKAPS GT-190, una geomalla multidireccional del tipo TRIAX TX160 y 50cm de tezontle, roca de origen volcánico de color rojo, porosa y resistente, muy usada en construcción en México.





**Figura 3.** Instalación de 11,47 km<sup>2</sup> de geotextiles no tejidos y geomallas multiaxiales de polipropileno (GRUPO TDM, 2018)

**2.3. Vía férrea del aeropuerto.** De la misma manera que se requería una movilidad interna de los materiales y debido a la gran necesidad de material de relleno, se diseñó la vía férrea que corre por fuera del aeropuerto y que viene desde las canteras de Otumba hasta Texcoco. En este proyecto se instaló más de 150,000m<sup>2</sup> de geotextil no tejido de polipropileno y en algunos sectores específicos, aproximadamente 4,000m<sup>2</sup> de geomalla multiaxial TX190L como refuerzo de balasto. Esta obra fue responsabilidad del GRUPO MEXICO.



**Figura 4.** Caminos de acceso interno de 4 carriles con flujo de 5,000 unidades por día de trabajo (GRUPO TDM, 2018)



**2.4. Centro de transporte terrestre CTT.** Iría incluir 2 estaciones de Metro, Metrobús y estacionamientos a cargo de SACYR. En este sector fueron usados más de 18,300m<sup>2</sup> de geomalla multiaxial rígida para conformar las plataformas de trabajo.



**Figura 5.** Vista aérea de los trabajos en el CTT (GRUPO TDM, 2018)

**2.5. Pistas 2, 3 y 6.** Las pistas miden 5 kilómetros de largo y 60 metros de ancho. Para estabilizar estos sectores se instaló 1m de tezontle para permitir el acceso de los equipos de construcción y sobre esa capa, drenes verticales clavados hasta 26m de profundidad para acelerar el proceso de consolidación inducida del terreno. El terraplén de precarga estuvo conformado por 1 de tezontle y dos capas de pedraplén de 1m cada una. Las pistas fueron construidas en contratos diferentes, donde las empresas constructoras fueron COCONAL, SEDENA y CARGUI PROPEN.



**Figura 6.** Mechas drenantes instaladas en el sector de las pistas de aterrizaje y despegue (GRUPO TDM, 2018)



**2.6. Edificio terminal.** El edificio terminal totalizaba 743,000m<sup>2</sup> y su cimentación estaba conformada por pilotes de concreto clavados en el suelo natural por el GRUPO INDI y una losa de concreto reforzado construida por ICA. En este caso, las geomallas multiaxiales fueron colocadas para conformar plataformas temporales para permitir el ingreso de los equipos de hincado. Los valores medidos estimados de CBR para las condiciones críticas de este sector era 0.60% para la parte más baja.

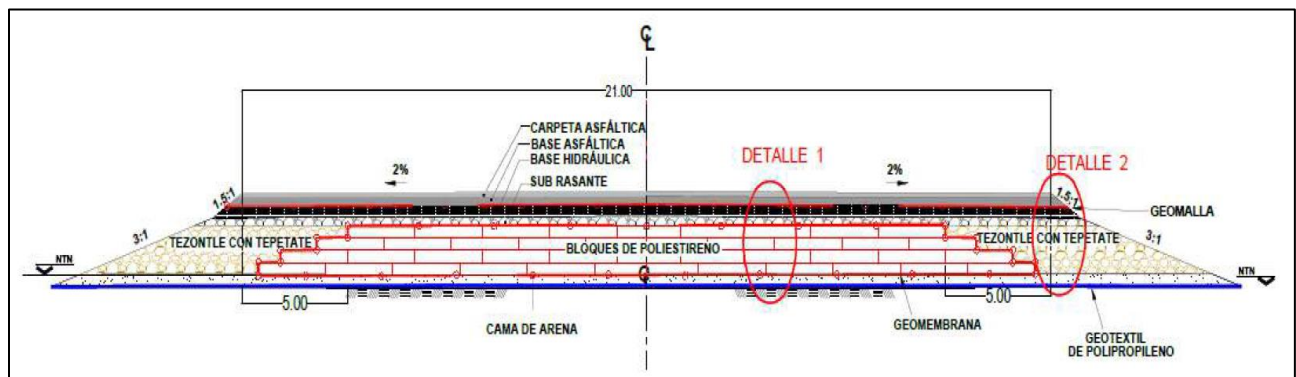


**Figura 7.** Geomalla instalada en el sector de la losa del edificio terminal (GRUPO TDM, 2018)

**2.6. Torre de control.** Proyectada con 90m de altura en una superficie de 23,000m<sup>2</sup>, la torre de control era una de las estructuras más importantes del proyecto. Para la nivelación de esta se utilizó geomalla multiaxial del tipo TRIAX TX160.

### 3. OBRAS EN VIAS ANEXAS

De forma complementaria, el proyecto del NAICM incluía la ampliación y construcción de carreteras circundantes, como el caso de Lechería – Texcoco, Pirámides – Texcoco o el Circuito Exterior Mexiquense, entre otras, en las cuales fueron usados bloques de poliestireno expandido EPS, recubiertos con geomembranas de polietileno de alta densidad HDPE, para reducir la carga aplicada al subsuelo, así como geomallas multiaxiales para estabilización de subrasantes blandas.



**Figura 8.** Sección típica construida en la carretera Pirámides – Texcoco (GRUPO TDM, 2018)

En el caso específico de la autopista Pirámides Texcoco, a cargo de PINFRA, que conecta el área del NAICM con la zona oriente de la ciudad de México. Esta autopista consiste en 5 km de carretera, y al presentar el mismo problema del terreno de fundación, se hizo un diseño especial que incluyó el uso de geotextiles, geomallas multiaxiales y bloques de poliestireno expandido EPS. Para minimizar el fenómeno de deformación elástica que presentaría la sección del



terraplén que alojaría los carriles de circulación, se decidió dividir el terraplén de la carretera en tres partes, una central construida con bloques de poliestireno expandido EPS recubierto con geomembrana HDPE y 2 extremas conformadas por tezonle con tepetate (con peso de 1,100 Kg/m<sup>3</sup>).



**Figuras 9 y 10.** Proceso de instalación de los bloques EPS cubiertos con geomembrana HDPE.



**Figuras 11 y 12.** Proceso de instalación de los bloques EPS cubiertos con geomembrana HDPE.



**Figuras 13.** Proceso de instalación de los bloques EPS cubiertos con geomembrana HDPE.





**Figura 9.** Carretera Pirámides – Texcoco finalizada y en funcionamiento (GRUPO TDM, 2018)

#### 4. CONCLUSIONES

Este proyecto, hasta su paralización hacia finales del 2018, llevaba aproximadamente un 31% de obra ejecutada y ya había consumido más de 8 millones de metros cuadrados de geomalla multiaxial, aproximadamente 11 millones de m<sup>2</sup> de geotextil y más de 70 millones de metros lineales de drenes verticales, en estabilización de caminos de acceso interno, estabilización de la gran losa de cimentación del terminal, plataformas de embarque/desembarque, torre de control y pistas de aterrizaje 2, 3 y 6, convirtiéndola, tal vez, en la mayor obra con uso de geosintéticos del mundo. Por este motivo, a pesar de la cancelación del proyecto y de las graves acusaciones de corrupción que lo envuelven, esta no deja de ser una extraordinaria obra de ingeniería que deja valiosas enseñanzas y diferentes aplicaciones de geosintéticos que, con su éxito en este difícil e importante proyecto, abrieron paso a aplicaciones masiva en diferentes proyectos de infraestructura en México y región.

#### 5. REFERENCIAS

- GACM-SCT (2016). “Visión integral del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México”, México.
- GACM-STC (2016). “Avances del Proyecto Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México”, México.
- GRUPO AEROPORTUARIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, Preguntas frecuentes Nuevo Aeropuerto. Disponible en [www.aeropuerto.gob.mx], consulta:20 de abril de 2018.
- GRUPO TDM, archivo digital de fotografías de obra.
- J.P. GIROUD and J. HAN (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads”. Part I. Development of Design Method. Technical Paper ASCE.
- J.P. GIROUD and J. HAN (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads”. Part II. Development of Design Method. Technical Paper ASCE.
- PEREZ, SALVADOR MORENO (2018) “En Contexto – El Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México”. CESOP. Cámara de Diputados LXIII Legislatura.