

ANÁLISIS TÉCNICO DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA DE LOS PROTOTIPOS DE MUROS DE ESTADOS UNIDOS, PARA SU CONSTRUCCIÓN EN LA FRONTERA CON MÉXICO

Dr. En Arq. Marcos Mejía López¹, Est. De Arq. Gabriela Sánchez Zavala², Dr. En Est. Horacio Ramírez de Alba³ y
Dra. Martha Beatriz Cruz Medina⁴

Resumen – Tema estudiado. Prototipos de muros para separar la frontera entre México y Estados Unidos. **Métodos.** Análisis técnico de arquitectura e ingeniería de los diferentes prototipos de muro fronterizo que fueron presentados por diversas empresas al presidente norteamericano Donald Trump a principio de este año. **Importancia.** Conocimiento acerca de las barreras físicas en sus aspectos constructivos, para protección de intereses y hegemonía de países considerados potencias. El caso de Estados Unidos. **Conclusiones.** Dar a conocer desde varios puntos de vista técnicos y científicos, las ventajas y deterioro que pueden producir los prototipos de muros en el medio ambiente y las personas que estarán en contacto con estas edificaciones.

Palabras clave - Barreras fronterizas, sistemas constructivos, muro, México, Estados Unidos

Introducción

En la historia del mundo han existido barreras desde tiempos remotos cuya finalidad es delimitar el territorio y controlar el flujo de diferentes etnias, grupos desfavorecidos y creencias religiosas, entre otros aspectos. De igual forma, la separación de territorios permite que internamente se tenga cierta autonomía económica y crecimiento de producción. Por otro lado, al interior del límite de un Estado-Nación, se agrupa una sociedad que comparte, en su mayoría, similitudes raciales, tradiciones culturales y una economía política homogénea, así como intereses militares propios.

En este trabajo se analiza el impacto de muros existentes en la antigüedad y en el pasado reciente y los objetivos que se alcanzaron o no con su construcción, así como las consecuencias sociales que implican. Además se analizan los aspectos arquitectónicos y de ingeniería de la próxima frontera entre Estados Unidos y México.

Muros: Origen y evolución de la limitación territorial.

Los muros, murallas o barreras alrededor del mundo en un principio se edificaron para proteger a una sociedad de probables invasiones y saqueos. Como primer antecedente se tiene a la Gran Muralla China, que es la consolidación de las siete murallas levantadas por los imperios de esa región antes de unificarse, construida y reconstruida entre el siglo V a.C. y el siglo XVI, se estimaba que tenía 8,850 km de largo, aunque recientemente se comprobó que cuenta con 21,200 km de largo que la conforman, contando las construcciones secundarias y sus ramificaciones. Y mide de 6 a 7 metros de alto, y tiene de 4 a 5 metros de ancho, aunque hoy sólo exista el 30% de lo que se construyó.

Posteriormente los romanos construyeron muros estéticos con finalidades militares. Actualmente se conservan ejemplos como: el muro Serviano construido en el siglo IV a.C., con 11 km de extensión y 3.5 metros de alto, otro de los muros romanos, construido en el siglo II a.C., es el muro de Adriano con más de 118 km de desplante, que se edificó en los límites de Britania (actual Inglaterra) cuyo objetivo principal era defenderse de los pueblos del norte.

En la edad Media, en los siglos XII y XIII, las ciudades feudales se encontraban amuralladas dado su intercambio comercial, más allá de su protección militar. Es aquí cuando Inglaterra establece uno de los grandes antecedentes de los Estados-Naciones en la actualidad: sus fronteras se cimentaron con el propósito de cobrar impuestos a los productos que entraban y se intercambiaban en el territorio. En la España medieval, los muros, además de fungir como defensa, diferenciaban a la población urbana de la rural, dada la importancia del estatus y oportunidades que distinguían a unos de otros.

¹ Marcos Mejía López es Doctor Arquitecto, Conservador de Patrimonio Histórico Arquitectónico de la UAEMéx. Investigador de tiempo completo, en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México. Contacto: marcmejilop@hotmail.com

² Gabriela Sánchez Zavala, es estudiante de noveno semestre de la licenciatura en Arquitectura en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México. Contacto: gabrielasaza11@gmail.com

³ Horacio Ramírez de Alba es Doctor en Ingeniería-estructuras por la Universidad de Texas en Austin y profesor e investigador de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Contacto: hra@uaemex.mx

⁴ Martha Beatriz Cruz Medina, es Doctora en Diseño por la Universidad Autónoma del Estado de México y profesora de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMéx. Contacto: c_marthita@hotmail.com

Si se analiza al mundo Mesoamericano, se encuentra que Mayapán fue una ciudad clasista fundada en el año 1200 por los mayas que se encontraba rodeada de murallas cubiertas de estuco y pintadas que medían 1.5 metros de alto y 3 metros de ancho; así como otras muchas ciudades de esta rica sociedad. Como segundo ejemplo existe Tenochtitlan, ciudad del Imperio Mexica que se encontraba cercada por *Coatepanctlis*: muros de mampostería con pinturas y decorada con formas de serpiente hechas de basalto que alcanzaban una altura de 2.50 metros. Dichas estructuras fungían como protección de invasiones y símbolo de opresión a los foráneos. Los *coatepanctlis* rodeaban edificios de culto religioso de la metrópoli.

Actualidad

En Medio Oriente, para impedir el paso de los palestinos a Israel, frenar el terrorismo y contrabando, se han construido muros que componen la frontera de Israel y Cisjordania con 721 km de largo en total. Se forma por vallas alambradas, zanjas o muros de hormigón con 8 metros de alto (Que abarcan 42km de largo). Se basa en un sistema de módulos individuales que se colocan uno al lado del otro y se intercalan cada cierta distancia. El objetivo principal fue prevenir ataques desde edificios del lado palestino contra los vehículos que circulan en el lado israelí. Hay secciones denominadas “zonas de separación” que comprenden hasta 60 metros; dichas zonas han propiciado el apropiamiento ilegal de tierras.

Kuwait e Irak cuentan con una limitante artificial de 190 km desde el año de 1991, cuando Kuwait fue invadida por Irak por órdenes de Saddam Hussein. Esta muralla fue construida en un principio por la Organización de las Naciones Unidas para evitar una segunda invasión. Se compone de una cerca electrificada, alambres de púas y muros de arena. El conjunto se rodea por dos zanjas con 5 metros de profundidad. Tiene 130 km de extensión y estuvo equipada con más de 1 millón de minas a lo largo de la frontera. En 2004, Kuwait, comenzó la edificación de una nueva barrera de 219 km con un sistema constructivo similar al anterior.

Arabia Saudita inició, en el 2014, la construcción de una muralla que protege al país del Estado Islámico y sus conflictos internos. Fue equipada con cámaras de visión nocturna, radar, torres de vigilancia y 30 mil soldados. Pretende alcanzar más de 900 km de largo y además se construirá una zanja que separará al país de su vecino del norte. Arabia Saudita no solo cuenta con esta frontera, sino también una de más de mil km con Yemen al sur.

En Ceuta y Melilla, miles de africanos buscan la movilidad diaria hacia Europa con el sueño de estabilidad económica para ellos y sus familiares. Para evitar su paso y con financiamiento de la Unión Europea, España levantó una doble valla de alambre galvanizado y reforzada con alambre de espinas que se extiende a lo largo de 8 km con 3 a 6 metros de alto y una tercera de 2 metros en el lado marroquí. Cuenta con un sistema de seguridad que la vuelve una de las más difíciles de cruzar, como si las otras no lo fueran ya. Tiene sensores eléctricos de movimiento y sonido. Aun siendo una de las más seguras del mundo, en este límite se han registrado saltos masivos de hasta 800 migrantes, 500 personas lograron acceder con esta estrategia en el 2014.

Conocido como “El muro de la vergüenza”, entre el Sahara y Marruecos, se levanta un conjunto de ocho muros con 2,720 km de longitud. Fueron construidos por Marruecos y financiados por Arabia Saudita. Su finalidad principal es evitar el regreso de refugiados saharauis al territorio y proteger a Marruecos de las incursiones del frente Polisario. Cada 15 km se encuentra un radar que puede detectar radios hasta a 60 km de distancia. Hacia el interior el territorio se encuentra alambrado y minado por entre 10 y 40 millones de minas. Se encuentra defendido por 100,000 soldados marroquíes.

A finales de 2018, la India terminará un muro de 3,286 km en la frontera con Bangladesh. Tiene, en promedio, una altura de 3 metros y el material es alambre de púas. Su propósito es detener la inmigración ilegal, contrabando y flujo de terroristas. Más de medio millón de personas se verán afectadas partiendo de sus hogares a causa de ésta construcción.

La frontera de México y Estados Unidos de América

Con una extensión territorial de 3,169 km de largo. La totalidad de la frontera no se encuentra delimitada físicamente por muros, solamente alrededor de 1,200 km lo están: Desde San Diego hasta El Paso. De ahí en fuera El Río Bravo es la barrera natural que delimita a los dos países. Dichos muros se materializan por bardas de contención, rejas de planchas metálicas, tubos de acero y alambrados de púas. Según las estimaciones de la Secretaría de Relaciones Exteriores, cada día cruzan legalmente más de un millón de personas y 300 mil vehículos por los 56 cruces fronterizos controlados que existen en el límite de las dos naciones.

Desde que el actual presidente de los Estados Unidos, Donald Trump, empezó su campaña electoral, lanzó el tema polémico de inmigración de miles de mexicanos que buscan estabilidad económica y oportunidades laborales. Prometió la construcción de un muro “grande y hermoso” que separaría 100% un país del otro. Actualmente no se ha aclarado de dónde se obtendrán los fondos para su construcción y, aunque el Congreso ha apartado 20 millones de dólares para prototipos, la postura del presidente norteamericano se mantiene firme en que México pagará por él directa o indirectamente. Los prototipos deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Deberán alcanzar mínimo 18 pies (5.50m) de altura, pero lo ideal serían 30 (9.10 m)
- Las paredes tendrán características antideslizantes que impidan su ascenso incluso si utilizan herramientas para escalar.
- No podrán realizarse túneles por lo menos a 6 pies de profundidad (1.8 m).

- En caso de que fuera perforado, no podrá realizarse ningún orificio de más de 1 pie (0.30 m) en menos de una hora utilizando herramientas.
- Las paredes deben acomodar el drenaje superficial y con pendientes de hasta el 45% por lo accidentado del terreno.
- En caso de existir accesorios expuestos, estos deberán estar colocados del lado de EUA para que no se den manipulaciones por parte de los inmigrantes.
- Las puertas corredoras para peatones y vehículos que se lleguen a agregar serán aprobadas por la Patrulla Fronteriza.
- El lado estadounidense deberá ser agradable visualmente en cuanto al color, textura e integrarse al contexto del lugar.
- Los diseños deberán ser rentables para construir, mantener y reparar.
- Ninguna persona deberá poder subir a la parte superior sin ayuda.



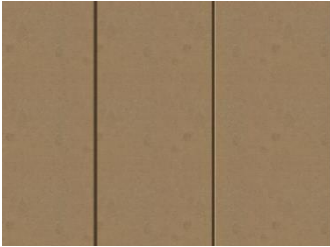
El pasado 13 de marzo de 2018, Donald Trump visitó los 8 prototipos que se han construido desde finales del año pasado en las afueras de San Diego, colindando con la frontera. Cinco empresas estadounidenses y una israelí son las participantes en este concurso. Se analizan las características de cada propuesta, posteriormente se ilustraron en la tabla 1 para observar el dimensionamiento, composición y materiales para su mejor comprensión.



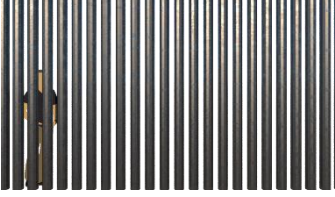





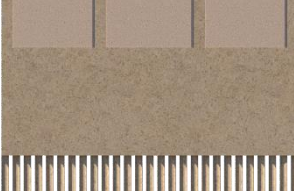









Análisis arquitectónico de cada propuesta:

1. Fisher Sand & Gravel Co.: Contrato por 365,000 dólares. Es la única propuesta construida completamente en el sitio. Tiene una pendiente gradual que dificultaría su escalamiento. El acabado es de color canela.
2. KWR Construction Inc.: Contrato por 486,411 dólares. Siendo el prototipo más caro, ha levantado su forma mediante columnas metálicas que se separan en la base con el objetivo de facilitar la visibilidad de la Patrulla Fronteriza. Conforme sube el muro se observan placas de metal y remata con una estructura tubular en la parte superior.
3. Texas Sterling Construction: Contrato por 470,000 dólares. Tiene un diseño diferente de cada lado de la frontera, siendo el de Estados Unidos más estético con un patrón de ladrillo estampado, mientras que en el lado mexicano tiene rejillas metálicas y alambre de púas en la parte superior que se inclinan hacia el territorio mexicano dificultando que se escale.
4. Caddell Construction Co.: Esta empresa lanzó dos prototipos. El primero siendo el más económico con un contrato por 320,000 dólares. En la parte inferior lo sostienen postes metálicos, placas de metal lo conforman al centro y en la parte superior tiene bloques de hormigón.
5. La segunda propuesta de Caddell Construction Co.: Presenta un contrato por 344,000 dólares. Este modelo es completamente de hormigón. En el lado norteamericano la base se ensancha y se estrecha formando un talud. Por último, la parte superior es regular y estrecha. Mientras que en el lado mexicano es completamente lisa y regular.
6. ELTA América del Norte: Es la única empresa internacional que logró participar, es israelí y presenta un contrato por \$406,319 dólares. La base es de hormigón y la parte superior expone placas de metal. Remata con un tubo que impide el paso ilegal.
7. W. G. Yates & Sons Construction Co.: Es la segunda empresa con doble prototipo. El primero tiene un contrato por 453,548 dólares. Y consta de un diseño simple con tres paneles de hormigón y por último con el distintivo cuerpo tubular que se ha manejado en varias propuestas.
8. Por último, W. G Yates & Sons Construction Co.: Propone también un prototipo con un contrato por 458,103 dólares. El diseño es simple y brutalista. Tiene paneles de metal corrugado color marrón oscuro y la misma tubería en la parte superior de su prototipo anterior.

Se había determinado que a los tres meses de que se presentaron las propuestas, vendrían procesos de análisis detallados de cada una y se determinaría la mejor solución o si un híbrido de varios modelos sería el de mejor funcionamiento o probablemente ninguna de estas propuestas puede ser más útil (Michelle Ba). Hasta la fecha no se ha dado una respuesta concreta.

Tabla 1. Interpretación arquitectónica y geométrica de prototipos de muro. (Modelos por Franco, R. y Sánchez, G. 2018)

Compañía	Vista desde EUA	Vista desde México	Detalle
1. Fisher Sand & Gravel Co.			

2. KWR Construction Inc.			
3. Texas Sterling Construction			
4. Caddell Construction Co.			
5. Caddell Construction Co.			
6. ELTA América del Norte			
7. W. G Yates & Sons Construction Co.			



Panorama

Objetivos principales:

1. Detener la migración ilegal de Sudamérica a Estados Unidos.
2. Detener el contrabando de armas y drogas.

Necesidades:

1. Límite que permita el flujo de la fauna que necesita emigrar en diferentes épocas del año.
2. Visibilidad para mantener control y anticipación de movimientos.
3. Detección de intercambio de mercancía por aire o subsuelo.

Observaciones:

1. Se ha confirmado que para pasar drogas ilegalmente se utilizan drones o catapultas que envían los paquetes por altas distancias.
2. Los reportes confirman que el 66% de los casos de personas deportadas son personas que se quedaron más tiempo del que permitía su visa.
3. La mayoría de personas detenidas en la frontera se entregaron voluntariamente.
4. La construcción del muro implica la expropiación de tierras a lo largo de la frontera, mayormente afectaría al Estado de Texas.

Aspectos estructurales y constructivos

De hacerse realidad la construcción de un muro divisorio en toda la frontera norte, se presentarán varios problemas técnicos que las compañías constructoras deberán enfrentar. Seguramente ya dichas compañías tendrán algún criterio para tomar en cuenta esos problemas en las etapas de diagnóstico, de diseño y de construcción. Al tener que cubrir una distancia tan grande, 3200 km aproximadamente, cruzando diferentes zonas con características geológicas, orográficas, climatológicas y tectónicas muy diferentes, se identifican posibles riesgos. Los principales riesgos estructurales a que estará sometido este proyecto (para muchos descabellado e inútil), estarán: a) la posibilidad de sismos muy intensos en la zona de California, b) la ocurrencia de vientos huracanados en las zonas próximas de ambas costas, c) la presencia de frecuentes tornados en las planicies y d) los problemas de suelos blandos en las zonas de escurrimientos fluviales.

En la zona de California se pueden presentar sismos intensos que pueden generar aceleraciones en el terreno de 0.8 a 1.2 respecto a la aceleración correspondiente a la gravedad (9.81m/seg^2). Para las dimensiones y materiales propuestos se podrá generar un momento de volteo, por unidad de ancho de un metro, hasta de 100 000 kg-m (981 kN-m). En cuanto al viento en algunas zonas se podrán presentar velocidades de viento hasta de 200 km/hora lo que significa presiones de hasta 220 kg/m² (2.2 kN/m²) que podrá producir momentos de volteo, por unidad de ancho de un metro, de 18 000 kg-m (177 kN-m). Lo anterior seguramente requerirá soluciones estructurales costosas, así como materiales de alta resistencia, por ejemplo concretos de 500kg/cm² (50 MPa), aceros de refuerzo de 6000 kg/cm² (600 MPa) y acero para presfuerzo de 19 000 kg/cm² (1900 MPa). Además, los procedimientos constructivos exigirán de un control de calidad estricto.

Este panorama se verá acentuado, aún más, por los diferentes problemas geotécnicos locales que seguramente se encontrarán, como son por ejemplo el agrietamiento del suelo, deslizamientos de taludes, inundaciones y problemas de licuación de suelos. Lo que requerirá costosos estudios, con la tecnología más moderna, a fin de establecer un diagnóstico acertado.

En el aspecto geotécnico se presentaran amplias zonas de roca de diferentes tipos lo que augura tener que recurrir a procesos constructivos costosos ocupando maquinaria pesada, pero también algunas zonas con suelos blandos que requerirán

tratamientos especiales del suelo y/o cimentaciones profundas que implicarán también costos muy altos. Sumado a todo lo anterior están las consecuencias ambientales y las afectaciones a los ecosistemas.

Pero se debe reconocer que los problemas técnicos antes mencionados y otros que pudieran surgir podrán ser resueltos si existen los recursos para ello, lo que provoca molestia es el atropello a los criterios humanistas que deberían prevalecer en este siglo XXI, así como la ignorancia de no reconocer las múltiples experiencias negativas relacionadas con barreras artificiales como la que se propone, ejemplo reciente es el muro de Berlín. Y en particular la injusticia, México ha tenido el infortunio (como bien dice el dicho: tan lejos de Dios y tan cerca de Estados Unidos) de colindar con el país que por azares del destino se convirtió en el más poderoso. Recuérdese que en 1846-1847, en una mal llamada guerra, totalmente injusta y amañada México perdió más de la mitad de su territorio y estuvo en riesgo de perderlo todo.

Propuesta

Dadas las condiciones establecidas en el concurso, lo más funcional serían los prototipos 2 o 4 que por su diseño permiten la visibilidad de la Patrulla Fronteriza al territorio mexicano para controlar y prevenir actividades ilegales. Atienden a las necesidades ambientales que demandan las especies migratorias que necesitan transitar según la temporada del año. Los prototipos 2, 6, 7 y 8 cuentan con una estructura tubular que rematan en la parte superior, lo que dificulta el escalamiento sin equipo, el tres cumple la misma función, aunque con diferente estructura.

Comentarios finales

Analizando el panorama, ¿qué es lo que verdaderamente le conviene a la frontera? Mucho se ha especulado de la utilidad que tendría un muro. Incluso se ha declarado que es el método más caro y menos viable para detener el contrabando y el acceso ilegal a los Estados Unidos, cuando se podrían implementar sensores térmicos u ondas que detecten movimiento a determinados kilómetros de distancia. La mayoría de los muros de los que se tienen registro han caído.

Se concluye que lo recomendable para alcanzar los objetivos del muro no es el muro mismo, si no la aplicación de métodos más factibles. Se invita a que las naciones busquen el diálogo y se determine la vía que brindará mayor beneficio para ambas. No hay que olvidar que el impulso principal de la migración no busca dañar la integridad de ningún país, sino la oportunidad de escape de situaciones de delincuencia y pobreza extrema que se vive en Sudamérica que, irónicamente, es consecuencia de otros factores provocados por intereses políticos y económicos de Estados Unidos.

Referencias bibliográficas

- Anónimo. (2017). *India construye el muro fronterizo más largo del mundo en la frontera con Bangladesh*. 2018, junio 20, de Periódico Los andes Sitio web: India construye el muro fronterizo más largo del mundo en la frontera con Bangladesh
- Aguilar A. (2013). *El muro de la vergüenza*. 2018, junio 20, de Historias de nuestro planeta Sitio web: <http://www.historiasdenuestroplaneta.com/el-muro-de-la-verguenza/>
- Arroyo-Alejandro, J. & Rodríguez-Álvarez, D. (2018). *Muros y migración México-Estados Unidos. Papeles de población*, pp. 24(95). Consultado de <https://rppoblacion.uaemex.mx/article/view/10077>
- Carretero, N. (2015, junio). *Una barrera imposible*. Revista Gatopardo, 162, pp. 1-11. 2018, junio, 20, De Gatopardo.com Base de datos.
- Erice, M. (2017). *Trump pone en marcha el muro y la guerra con México para que lo pague*. 2018, junio 20, de Periódico ABC Sitio web: https://www.abc.es/internacional/abci-donald-trump-firma-decreto-para-construccion-muro-fronterizo-mexico-201701251953_noticia.html
- Franco, R. Pasante de Diseño Industrial por la Universidad Autónoma del Estado de México. Modelos 3D de Tabla 1.
- Isseroff, A. (2005). *Israel High Court Ruling Docket H.C.J. 7957/04 International Legality of the Security Fence and Sections near Alfei Menashe*. 2018, junio 20, de Zionism-Israel Information Center Sitio web: http://www.zionism-israel.com/hdoc/High_Court_Fence.htm
- Ontiveros, E., Sebastián, E., Valverde, I. & Gallego, F. (2008). *Estudio de los materiales de construcción de las murallas del Albayzín (Granada)*. I PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 66, pp. 32 - 47. 2018, junio 20, De Dialnet, Base de datos.
- Steckelberg, A., Alcantara, C. & Jan, T. (2018, marzo 13). *A look at Trump's border wall prototypes*. The Washington Post, No especificado, 1. 2018, junio 25, De https://www.washingtonpost.com/graphics/2017/national/border-wall-prototypes/?noredirect=on&utm_term=.a92b3da10964 Base de datos.