

CONSTRUIR EL METRO DE CARACAS: EL PRECIO DE LO BELLO

GIANFRANCO PERRI, *Profesor de Proyecto de Túneles en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Caracas*

RAFAEL ALVAREZ, *Gerente de Estudios y Proyectos del Metro de Caracas*

"TO BUILD THE CARACAS SUBWAY: THE PRICE OF BEAUTY"

This article mention the construction chronology relative to the present 45 Km of lines and 40 subway stations of the "Metro de Caracas", emphasizing on the environmental impact caused by the vast excavations carried out from the surface to construct the stations and the cut and cover extensions. Likewise it is mentioned that "the good and the beautiful" has been the results achieved either in direct terms, efficient massive transport, or either in indirect terms, urbanistic improvements made to the city and the cultural effect on the citizens, to finally perceive that "the inconveniences were worthwhile". Then questions are raised relative to the real possibilities of avoiding the traumatic impacts of the future constructions by means of the adoption of advanced technology that will allow to carried out most of the excavations from the underground without excessively effecting the surface, to conclude that it is essentially a monetary affair and consequently it must be defined if it is more convenient to accept impacts similar to those already experimented and quickly build new lines or limit the environmental impacts adopting more expensive technics, which inevitably imply to reduce the building of new lines considering the amount of funds availables. Specific data, a plane of the future and present lines, and a series of representative photographs illustrating the "Before-During and After" of the "Metro de Caracas" are included.

Ciertamente Caracas desde hacia ya muchos años había dejado de ser aquella casi bucólica "ciudad de los techos rojos", cuando entre 1977 y 1978 los pobladores de la periferia oeste de la ya metrópoli de casi tres millones de habitantes, tuvieron que comenzar a conocer sufrir y hasta acostumbrarse al "impacto ambiental" -terminología que por cierto por aquel entonces no estaba tan de moda ni mucho menos- producido por las obras de construcción del "metro".

En efecto, las autopistas urbanas con sus viaductos y distribuidores desde años hacían parte del paisaje cotidiano, al mismo tiempo en que las innumerables y majestuosas torres de oficinas ya perfilaban, dominándblo, el "skiline" de Caracas después de haber

REFERENCIA

AV URDANETA ↑
↓ EL CALVARIO
CAÑO AMARILLO
23 DE ENERO

Holsum

Foto N°1: Estación El Silencio... "ANTES"



penetrado el subsuelo del Valle con la construcción de sus respectivas fundaciones y de los cada vez más numerosos y profundos niveles subterráneos de estacionamientos.

Sin embargo algo muy distinto había en estas nuevas obras, enormes, largas, profundas, casi gigantescas e impresionantemente devastadoras, prepotentes e "impactantes".

Hasta el más distraído de los vecinos se enteró pronto que no se trataba de una nueva torre de oficinas o de un nuevo distribuidor del caótico tráfico automotor: era el metro!.. Pero cuanto duraba esta obra! ¿Cuándo terminarían con el desastre, el polvo, el ruido, los huecos, las incomodísimas desviaciones e interrupciones de tráfico. Acaso valdría la pena todo aquel "saperoco", acaso algún día se acabaría?

Lo único cierto era que todo esto cada día afectaba a más pobladores. Ya no era solamente en la periferia oeste que la ya golpeada urbe estaba siendo maltratada, sino que hasta el centro histórico ya no se salvaba de aquello y los comerciantes de Sabana Grande ya habían perdido toda esperanza de aguantar hasta el final, hasta el día en que la Calle Real volviera a la vida urbana: ¿Llegaría aquel día?.

Pero que va! Si todavía no se había terminado ni un solo pedazo y no se había visto ni un solo tren y ya habían comenzado a construir, "y que otra línea". Esta vez también se comenzó de la periferia, al suroeste en Caricuao, y con obras que por suerte resultaron algo más discretas y convencionales. Parecía solo una nueva carretera, con cortes, terraplenes, viaductos y edificaciones en la superficie; pero el ruido, el polvo y el desorden en el tráfico, no resultaban menos odiosos ni menos duraderos.

REFERENCIA



Foto N°2: Estación El Silencio... "DURANTE"

Pero el día llegó! El 2 de enero de 1983 se inaugura el tramo Propatria-La Hoyada y en marzo, La Hoyada-Chacaíto de la Línea 1 del Metro de Caracas. Para 1988 se completan las Líneas 1 y 2 y el 18 de diciembre de 1994 se inaugura el tramo Plaza Venezuela-El Valle de la Línea 3: un total de 45 kilómetros de líneas y 40 estaciones.

LÍNEA	1	2	3	TOTAL
LONGITUD DE LÍNEA EN OPERACION (Km).	20,9	18,4	5,2	44,5
NUMERO DE ESTACIONES (Un).	22	13	5	40
CONSTRUCCION DE TUNELES CON TOPO (Km).	10,1	1,6	3,2	14,9
CONSTRUCCION DE TUNELES MINEROS (Km).	1,3	1,7	--	3,0
CONSTRUCCION DE TRINCHERAS (Km).	4,3	5,3	1,2	10,8
CONSTRUCCION VIA A NIVEL (Km).	1,0	4,9	--	5,9
CONSTRUCCION VIA ELEVADA (Km).	0,3	2,8	--	3,1
VOLUMEN DE MATERIAL EXCAVADO (m ³).	3.0009.400	1.719.300	1.051.800	5.780.500
VOLUMEN DE CONCRETO VACIADO (m ³).	669.700	379.900	257.400	1.307.000
ACERO DE REFUERZO COLOCADO (Ton).	77.900	45.900	27.500	151.300
ESCALERAS MECANICAS EN ESTACIONES (Un).	173	68	35	276
VAGONES DEL MATERIAL RODANTE (Un).	308	136	35	479
NUMERO DE PASAJEROS TRANSPORTADOS (PROMEDIO DIA LABORAL).	769.663	144.616	51.615	965.894

Foto N°3: Estación El Silencio... "DESPUES"



Y no fue solamente esto! La ciudad había sufrido una transformación importante, no solo empezó a contar con un sistema de transporte eficiente, sino que empezó a observar una nueva fisonomía urbana: bulevares en Catia, Sabana Grande y Caricuao; plazas en Chacaito, Altamira y Petare; una hermosa fuente y jardines en la Plaza Venezuela; obras de arte en parques, plazas y estaciones, etc. Esta transformación no solo había impactado al aspecto físico de la ciudad, sino que había ido más allá llegando a todos los caraqueños, quienes al encontrarse quizás por primera vez ante un servicio público eficiente, limpio, ordenado y constante, reaccionaron favorablemente comenzando inclusive a dar un vuelco a su tradicional cultura ciudadana. En efecto,...

LO BELLO, LO ÚTIL, LO CÓMODO Y LO FUNCIONAL ESTÁ A LA VISTA DE TODOS!

¿Y el futuro? No, no está a la vista pero está en los planes, en los diseños, cálculos y proyectos de la C.A. Metro de Caracas, está en los sueños y en las preocupaciones de la gente del Metro, de los administradores de la Metrópoli y del País, está en las aspiraciones y anhelos de los caraqueños:

Los tramos finales de la Línea 3, entre El Valle y La Rinconada y la conexión El Valle-San José. La prolongación sur de la Línea 2, en primera etapa entre Capuchinos y Plaza Venezuela a lo largo de la Avenida Lecuna para descongestionar, duplicándolo, el tramo central de la Línea 1; y en segunda etapa continuando de la Plaza Venezuela a Bello Monte, Las Mercedes, Chuao, Parque del Este y las conexiones con el sureste. La Línea Las Adjuntas-Los Teques. El proyecto del sureste: un sistema conectado con la Línea 2 y que enlaza Baruta, La Trinidad, Las Mercedes, Chuao y El Cafetal.

¿Valió la pena lo sufrido. Es absolutamente necesario o inevitable todo aquel impacto traumático sobre la ciudad y sus habitantes. Puede pagarse un precio menos alto o un precio de naturaleza distinta? Y finalmente, ¿Como entonces construir "este futuro"?

Foto N°4: Sabana Grande... "ANTES"



La primera interrogante podría parecer retórica, especialmente si el receptor de la pregunta fuera uno de los miles de usuarios que diariamente utilizan el metro. Digamos que la respuesta, por ahora, es que si, "valió la pena lo sufrido". Y la misma respuesta probablemente la darán los futuros habitantes de este Valle, digamos aquellos que lo vivirán sin haberlo sufrido. Pero las otras dos interrogantes no son definitivamente retóricas, aunque las respuestas en si, para aquellas, también pueden ser inequívocas:

No, no es absolutamente necesario o inevitable todo aquel impacto traumático sobre la ciudad y sus habitantes y, si se puede pagar un precio menos alto o un precio de naturaleza distinta.

Vamos entonces a intentar de explicar porque estas son las respuestas, y como por lo tanto se podría construir "este futuro".

Por un lado, la innovación tecnológica ha marcado su honda huella también en la ingeniería de las obras subterráneas, campo en el cual las realizaciones de los últimos años se han caracterizado en todo el mundo por un avance sin precedentes en cuanto a la mecanización de las metodologías de excavación y de sostenimiento de los grandes espacios subterráneos, permitiendo la ejecución rápida y segura de obras cada vez más grandes también bajo condiciones geológicas y geotopográficas muy difíciles, y cuya realización sin afectar la superficie resultaba impensable hasta hace solo pocos años.

Por otro lado, quizás el elemento de contaminación ambiental más impactante producido en la construcción de las obras hasta ahora realizadas para el Metro de Caracas, lo han constituido las enormes excavaciones a cielo abierto ejecutadas sea para la edificación de las estaciones sea para el alojamiento de los tramos de líneas construidos con la metodología de las trincheras cubiertas.

10.1

Foto N°5: Sabana Grande... "DURANTE"



En ambas circunstancias la problemática esencialmente surge, por un lado ligada al objetivo de mantener las cotas del tren a profundidades no excesivamente elevadas especialmente en coincidencia con los puntos de entrada y salida de los usuarios aumentando tanto la seguridad para los mismos como la economía en la operación del sistema, y por otro lado ligada a la consecuente dificultad de poder realizar excavaciones desde el subterráneo sin afectar la superficie, en terrenos estructuralmente incompetentes y a cotas subsuperficiales con muy bajas coberturas.

En efecto, la estabilidad de una excavación subterránea resulta mucho más comprometida cuando la misma se ejecuta a muy baja profundidad ya que el terreno natural no logra desarrollar la capacidad de autoportarse, aunque sea solo temporal y parcialmente hasta por lo menos permitir su estabilización artificial mediante soportes estructurales externos, como ocurre comúnmente cuando la excavación se realiza a profundidades elevadas o por lo menos bajo coberturas suficientes para que se produzca el conocido fenómeno denominado del "efecto arco".

La magnitud de tal mínima cobertura necesaria para facilitar la estabilización de una excavación subterránea aumenta, además que con la disminución de la calidad geomecánica del terreno, con el aumentar de las dimensiones de la apertura subterránea a realizar y por lo tanto, todo resulta más dificultoso en el caso de las estaciones cuyas dimensiones mínimas alcanzan, en su tipología convencional, la veintena de metros de ancho.

Es por lo anterior que absolutamente todas las estaciones del Metro de Caracas han sido excavadas desde la superficie con todas las consecuentes afectaciones, drásticas y extensas aunque finalmente temporales, del territorio urbano.

121

Foto N°6: Sabana Grande... "DESPUES"



Pero no se ha tratado de solamente todas las estaciones, sino también de tramos de línea construidos en trincheras cubiertas, como el más recientemente construido sector de la trinchera al norte de la estación Plaza Venezuela de la Línea 3, cuya profundidad alcanzó y superó la treintena de metros.

Ahora bien, el empleo adecuado y oportuno de las más modernas innovaciones tecnológicas disponibles, en muchas ocasiones bien podría permitir, si no la eliminación del impacto global, por lo menos la limitación drástica del mismo; para ello, el proceso de ajuste obviamente debe planificarse desde las etapas más tempranas de la obra: su concepción operacional y luego su proyecto ejecutivo.

Lucurando un poco, se podría pensar en estaciones más profundas desarrolladas sobre un solo amplio nivel subterráneo desde el cual alcanzar directamente la superficie a través de largas rampas de escaleras movibles. Las excavaciones se desarrollarían en subterráneo mediante las necesarias técnicas de preconsolidación del terreno limitando así los trabajos superficiales únicamente a los accesos para los usuarios.

Alternativamente, sacrificando en algo el confort en la circulación de los usuarios que entran y salen de los trenes, habría soluciones que reducen parcialmente las dificultades técnicas de ejecución de las excavaciones subterráneas, aún limitando la construcción en superficie a solamente los accesos a las escaleras con las cuales alcanzar el nivel de trenes en un andén central construido en un túnel de ancho limitado, conservando la línea férrea dentro de túneles gemelos ensanchados a todo lo largo de la estación y que se comunican con el andén central mediante pasos transversales.

Y en cuanto a la substitución de los tramos en trincheras cubiertas con túneles de doble vía excavados subsuperficialmente pero totalmente desde el subterráneo, la

Foto N°7: Estación Chacaito... "ANTES"



problemática técnica involucrada resulta ciertamente más sencilla, aunque igualmente de no poca sofisticación ni menor necesidad de alta tecnología y destreza.

De hecho, para el mismo Metro de Caracas no se dudó en hacer recurso a tales técnicas de vanguardia para el tramo entre las estaciones La Hoyada y Capitolio de la Línea 1 a lo largo de la centralísima avenida Universidad, en donde para limitar el tremendo impacto que hubiese producido la excavación de una trinchera, se optó por excavar un túnel de dos vías bajo escasos 6 metros de cobertura mínima empleando técnicas y equipos diseñados y realizados de acuerdo con las condiciones específicas del subsuelo, cumpliendo finalmente a plena satisfacción el objetivo perseguido.

La pregunta de porque no siempre se han empleado aquellas técnicas, ya probablemente disponibles para por lo menos algunos de los casos tan sufridos de las obras ya construidas, no nos interesa hacerla porque... porque ya establecimos hace un rato que "si valió la pena lo sufrido", y también porque la respuesta de alguna manera puede coincidir con la que daremos a las interrogantes sobre el futuro.

Entonces, ahora vamos a preguntarnos: ¿Qué es lo que podría impedir aplicar sistemáticamente las más avanzadas, sofisticadas e innovadoras tecnologías constructivas disponibles en el campo de las obras subterráneas, si con su uso se podría minimizar el tan sufrido impacto ambiental durante la ejecución de las nuevas líneas del Metro de Caracas?

¿Es que acaso la ingeniería venezolana no está preparada técnicamente para aplicar en diseño y construcción la más modernas innovaciones tecnológicas relativas a las obras subterráneas? La respuesta es otra vez retórica - si lo está - y no porque quienes lo



REFERENCIA

Foto N°8: Estación Chacaito... "DURANTE"

decimos hacemos parte integral de la ingeniería venezolana, sino porque todos los hechos -el Metro de Caracas es solo un ejemplo- atestiguan en este sentido.

La respuesta en cambio, es quizás más sencilla: se trata de un asunto de "costos".

En efecto, casi siempre las tecnologías constructivas que permiten la realización de anchos espacios subterráneos sin afectar la superficie, en condiciones geológicas difíciles y bajo escasas coberturas resultan, en términos monetarios, altamente costosas, y en general su uso resulta monetariamente más costoso en comparación con el de la adopción de técnicas que prevén la excavación temporal desde la superficie.

Además, aunque bajo improbables condiciones geológicas especialmente favorables se lograra contener los costos directos de construcción para las soluciones subterráneas a valores de un orden de magnitud similar al de las soluciones tradicionales con excavaciones desde la superficie, el mayor "costo monetario" de las alternativas citadas para las estaciones se trasladaría inevitablemente a la fase de operación, ya que la mayor profundidad necesaria para el nivel de trenes, implicaría un aumento notable de consumo de energía para accionar las más largas escaleras móviles, mayores costos de mantenimiento, riesgos e incomodidades para los usuarios en emergencias aún en el caso de fallas menores; etc.

En este contexto, se ha expresamente enfatizado el término "monetariamente costoso" con el explícito objetivo de resaltar el hecho que la cuantificación hecha de "lo costoso" es absolutamente y esencialmente relativa al valor monetario en juego, y no incluye evidentemente otros tipos de valores que son quizás difícilmente cuantificables o equiparables en términos monetarios: por ejemplo es el caso del valor, o costo, que en

18,

REFERENCIA



Foto N°9: Estación Chacaito... "DESPUES"

términos de impacto ambiental se paga con el uso de una técnica en comparación con el que se paga con el uso de otra. Y por esto, ahora, nuevamente una pregunta:

¿Es mejor gastar menos dinero impactando más el ambiente, o gastar más dinero impactando menos el ambiente? Se trata claro de un enfoque muy simplista de la problemática, aunque probablemente quizás no muy alejado de la compleja realidad e, intentando ser menos simplistas en el análisis, podríamos preguntarnos:

¿El "costo monetario" que implicaría el condicionar las técnicas constructivas para el Metro de Caracas al menor impacto ambiental, se justifica en relación con la magnitud y duración que caracterizan tal impacto ambiental?

Y para complicar las respuestas interviene la necesidad de tomar en cuenta la inexorable realidad del hecho que los recursos monetarios disponibles "no son ilimitados" -en Venezuela ahora son limitadísimos- y por lo tanto quizás la pregunta debe ser más correctamente formulada:

¿Es más conveniente continuar aceleradamente una obra como el Metro de Caracas sufriendo el acostumbrado impacto ambiental durante su construcción, o limitar en extensión tal obra en función de los limitados recursos monetarios disponibles y de los más elevados costos monetarios necesarios en la construcción o ejercicio para cumplir con los requerimientos de minimizar el impacto ambiental de la construcción?

¿Que contestarían a esta pregunta las futuras generaciones de caraqueños? Pero, ¿Para que o para quien queremos preservar el ambiente sino para las futuras generaciones? Y por otra parte, ¿No se degradaría más el ambiente futuro de Caracas sin una extensa red de ferrocarril subterráneo, debido al tráfico superficial automotor?

"Otra vez quizás, solo preguntas retóricas...."

M

RED FUTURA DEL METRO DE CARACAS Y SISTEMAS SUBURBANOS

SISTEMA
AL LITORAL

SISTEMA A
GUARENAS-GUATIRE

FERROCARRIL A
VALLES DEL TUY

LINEA
LAS ADJUNTAS-LOS TEQUES

