



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Aplicación de la Ingeniería Geomática  
en el Proyecto Ejecutivo para las  
Conexiones de la Autopista Urbana  
Norte en la zona Av. Ejército Nacional,  
CDMX.**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Geomática**

**P R E S E N T A**

Guadalupe Luis Gregorio

**ASESOR DE INFORME**

M. en I. Adolfo Reyes Pizano



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

# ÍNDICE

Introducción .....	3
Louis Berger México .....	3
1    Antecedentes .....	5
1.1.    ENTRONQUE EJÉRCITO NACIONAL .....	7
1.1.1.    Descripción Del Entronque .....	7
1.1.2.    Problemática.....	10
1.1.3.    Análisis De La Situación.....	16
1.2.    NUEVO RAMAL EJÉRCITO NACIONAL .....	21
2    Cartografía.....	30
2.1    Vuelo Fotogramétrico.....	31
2.1.1    Gráfico de vuelo.....	33
2.1.2    Coordenadas de los Centros de proyección .....	34
2.1.3    Calibración de la cámara.....	36
3    Red Básica y Puntos de Apoyo.....	42
3.1    Red Básica .....	42
3.1.1    Puntos de apoyo.....	43
4    Restitución.....	43
4.1    Instrumentación .....	43
4.1.1    Metodología.....	44
4.1.2    Cartografía.....	48
5    Topografía .....	48
5.1    Reseñas de las bases de replanteo .....	48
5.1.1    Levantamiento taquimétrico.....	52
6    Conclusiones.....	55
7    Bibliografía.....	56
8    Glosario.....	56
ANEXO A.....	58
ANEXO B.....	60
ANEXO C.....	62

## **Introducción**

El presente informe de actividades profesionales redacta los trabajos de topografía realizados para el Proyecto Ejecutivo de las Conexiones de la Autopista Urbana Norte en la zona de Av. Ejército Nacional, CDMX, cuyo objetivo es encontrar la mejor alternativa para mejorar las conexiones de entrada y salida de la Autopista Urbana Norte, de tal manera poder reducir los tiempos de traslado y devolver la competitividad a la Ciudad de México a través del desarrollo de nuevas alternativas para el acceso y salidas en puntos estratégicos de la vialidad, ayudando a mejorar la calidad de vida de las personas mediante el ordenamiento vial de la zona.

Para los trabajos de topografía se han utilizado dos tipos de información: por una parte, se elaboró una cartografía mediante un vuelo fotogramétrico digital de 15 cm de GSD (Por sus siglas en inglés Ground Sample Distance), referente a la distancia medida en el suelo entre los centros de 2 píxeles consecutivos, lo cual un píxel en la imagen representa linealmente 15 cm en el terreno y 225 cm<sup>2</sup>.

Por otra parte, se ha utilizado en algunos tramos el taquimétrico existente entregado para la elaboración del viaducto.

Asimismo, como complemento se realizaron levantamientos topográficos específicos en zonas que bien cambiaron con el tiempo o que en el vuelo fotogramétrico no se podían apreciar de forma concreta.

### **Louis Berger México**

El rápido crecimiento de nueva infraestructura en México ha llevado a diversas empresas internacionales de alto impacto a invertir en nuestro país, tal evolución incremento sustancialmente la presencia del Grupo APIA XXI en ese mercado, llegando a abrir una filial, APIA XXI ICM Ingenieros y Consultores México, la cual ha conseguido participar, junto con otras firmas españolas en importantes contratos de carreteras en este país.

APIA XXI fue adquirida por Louis Berger en el año 2013 con el objetivo de ampliar su cartera de proyectos de ingeniería a nivel internacional y optimizar el desarrollo y la entrega de proyectos complejos de infraestructuras y energía a sus clientes mundiales.

Louis Berger es una corporación de servicios profesionales globales con un nivel de facturación de mil millones de dólares clasificada entre las 20 mejores empresas de ingeniería por la Engineering News-Record (ENR), que ayuda a sus

clientes a resolver sus retos más complejos en el ámbito de las infraestructuras y el desarrollo.

- Desarrollando importantes programas de reconstrucción de infraestructuras en áreas urbanas con gran densidad de población.
- Construyendo y rehabilitando infraestructuras críticas en estados débiles y en países en desarrollo.
- Fomentando medios de vida sostenibles y desarrollo económico en todo el mundo.
- Preservando y protegiendo el medio ambiente para asegurar que las generaciones futuras tengan acceso a agua y aire limpio, suelo fértil, espacios abiertos y recursos sostenibles.
- Preservando la integridad estética, ambiental, histórica y cultural de los monumentos y enclaves singulares nacionales e históricos de todo el mundo.

Con cerca de 6000 ingenieros, economistas, científicos y especialistas en planificación de todo el mundo en más de 50 naciones, Louis Berger es única para adaptarse a las condiciones locas que puedan presentarse en los diversos proyectos.

Nuestra experiencia multidisciplinar abarca todas las líneas de servicios, mercados y regiones. Louis Berger combina experiencia global y presencia local para desarrollar de manera rápida y rentable proyectos complejos en todo el mundo. Tenemos una presencia sostenida en todos los continentes excepto la Antártida:

- Más de 60 años en Norteamérica
- Cerca de 60 años en Asia
- Más de 50 años en África
- Más de 40 años en Europa
- Más de 40 años en Oriente Medio
- Más de 50 años en América Latina y el Caribe

Históricamente, más de la mitad de los ingresos totales de la corporación se obtienen fuera de Norteamérica.

Louis Berger tiene su sede central en Morristown, N. J. (EE. UU.) pero gestiona sus operaciones geográficas a través de oficinas regionales en Washington D. C. (EE. UU.), Londres (Reino Unido), Abu Dabi (Emiratos Árabes Unidos), Gurgaon (India) y Ciudad de Panamá (Panamá), esta última está a cargo de las oficinas de la Ciudad de México, ubicada en la zona de Polanco.

Las actividades y funciones que efectúo dentro de Louis Berger son la ejecución de trabajos de topografía, realizando levantamientos topográficos, replanteos de proyectos de ingeniería, cálculos y su representación en softwares CAD a fin de facilitar información indispensable a los contratistas para la realización de sus obras.

## **1 Antecedentes**

La Autopista Urbana Norte tiene una longitud de 9 km, forma el tramo norte de la autopista urbana de peaje de Ciudad de México que conecta las carreteras a Querétaro, Toluca y Cuernavaca.

La autopista fue diseñada para incrementar la competitividad a la Ciudad de México a través del desarrollo de proyectos de alta ingeniería, contribuir al ordenamiento vial de la zona y sumarse a los objetivos del Plan Verde del Gobierno del Distrito Federal.

Sin embargo, aparece en la actualidad una necesidad por revisar los trabajos realizados en las obras para darles mayor y mejor conectividad, de manera que se puedan no sólo mejorarse los trazados de entradas y salidas inicialmente dispuestos, sino incluso incorporar un mayor número de usuarios a la Autopista Urbana Norte.

La entrada en funcionamiento de la Autopista Urbana Norte (AUNORTE) a finales del año 2012, ha permitido consolidar un nuevo eje de alta capacidad alternativo al Anillo Periférico (actualmente congestionado) para el acceso al centro de la ciudad de México, tanto desde el norte (Viaducto Bicentenario) como desde el sur (conectando con el tramo libre San Jerónimo – San Antonio y posteriormente con la Autopista Urbana Sur).

También importantes, aunque de menor consideración, son las relaciones a través de AUNORTE hacia la zona de Santa Fe y Toluca (desde el sur y norte hacia Poniente). A continuación, se incluye un gráfico con el esquema de movimientos comentados previamente.

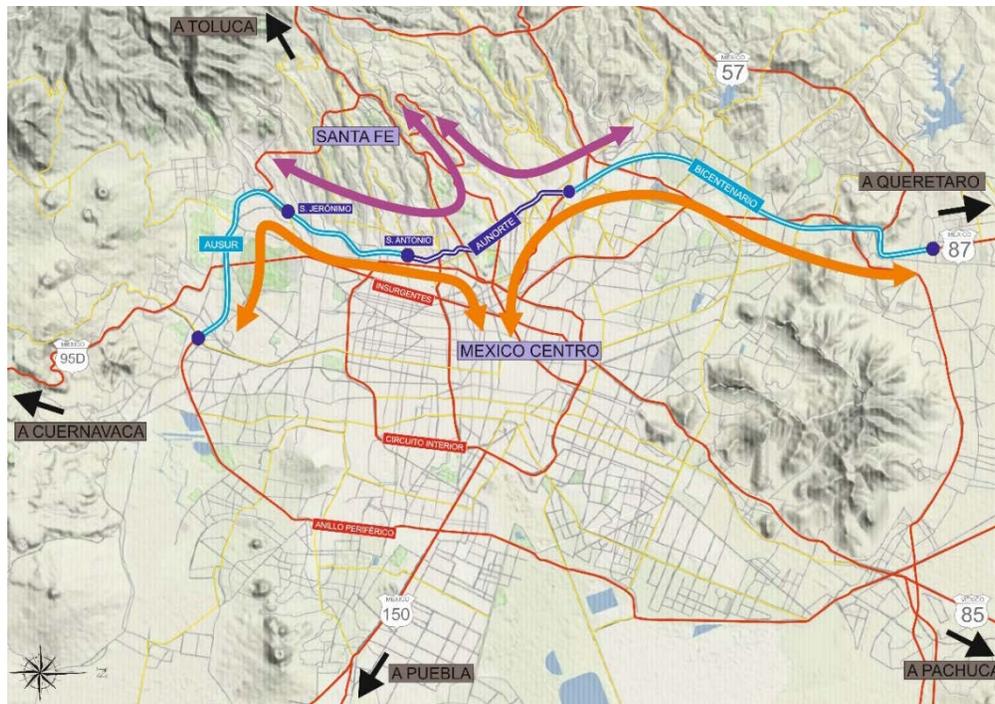


Figura 1 Principales Rutas de ingreso a la Ciudad de México

El presente Estudio tiene como **objetivo principal** proporcionar la **configuración topográfica** de la zona de Ejercito Nacional que ayudará para una mayor y mejor conectividad a la nueva Autopista Urbana Norte desde las zonas comentadas, mejorando los trazados de las rampas de entrada y salida e incluso añadiendo alguna conexión adicional hacia zonas con menor accesibilidad, buscando medidas incrementar la captación de usuarios actualmente existente., técnica y económicamente viables, que permitan incrementar la captación de usuarios actualmente existente.

Los enlaces que se han considerado y deben ser estudiados son los siguientes:

- Entronque San Antonio
- Entronque Minería
- Entronque Sostenes Rocha
- Entronque Constituyentes
- Entronque Alencastre
- Entronque Reforma

- Entronque Palmas
- Entronque Ejército Nacional
- Entronque Conscripto
- Entronque Toreo

En el presente documento se exponen la descripción de los trabajos realizados de mejora topográfica para el entronque de Ejercito Nacional.



Figura 2 Localización entradas y salidas Autopista urbana Norte. (Fuente: <http://www.aunorte.com.mx/>)

## 1.1. ENTRONQUE EJÉRCITO NACIONAL

### 1.1.1. Descripción Del Entronque

El entronque de Ejército Nacional se encuentra ubicado en el tramo 1 (Palmas-Cuatro Caminos) de la Autopista Urbana Norte, en las inmediaciones de la Defensa Nacional, próximo al Hospital Militar, dentro de los alrededores de la delegación Miguel Hidalgo.

Para acceder a la Aunorte desde este entronque, se tiene la rampa “Hospital Militar” dirección Toreo-San Antonio y la rampa de “Ejército Nacional” dirección San Antonio-Toreo. La salida que se dispone en este entronque es la denominada “Hospital Militar” dirección Toreo-San Antonio.

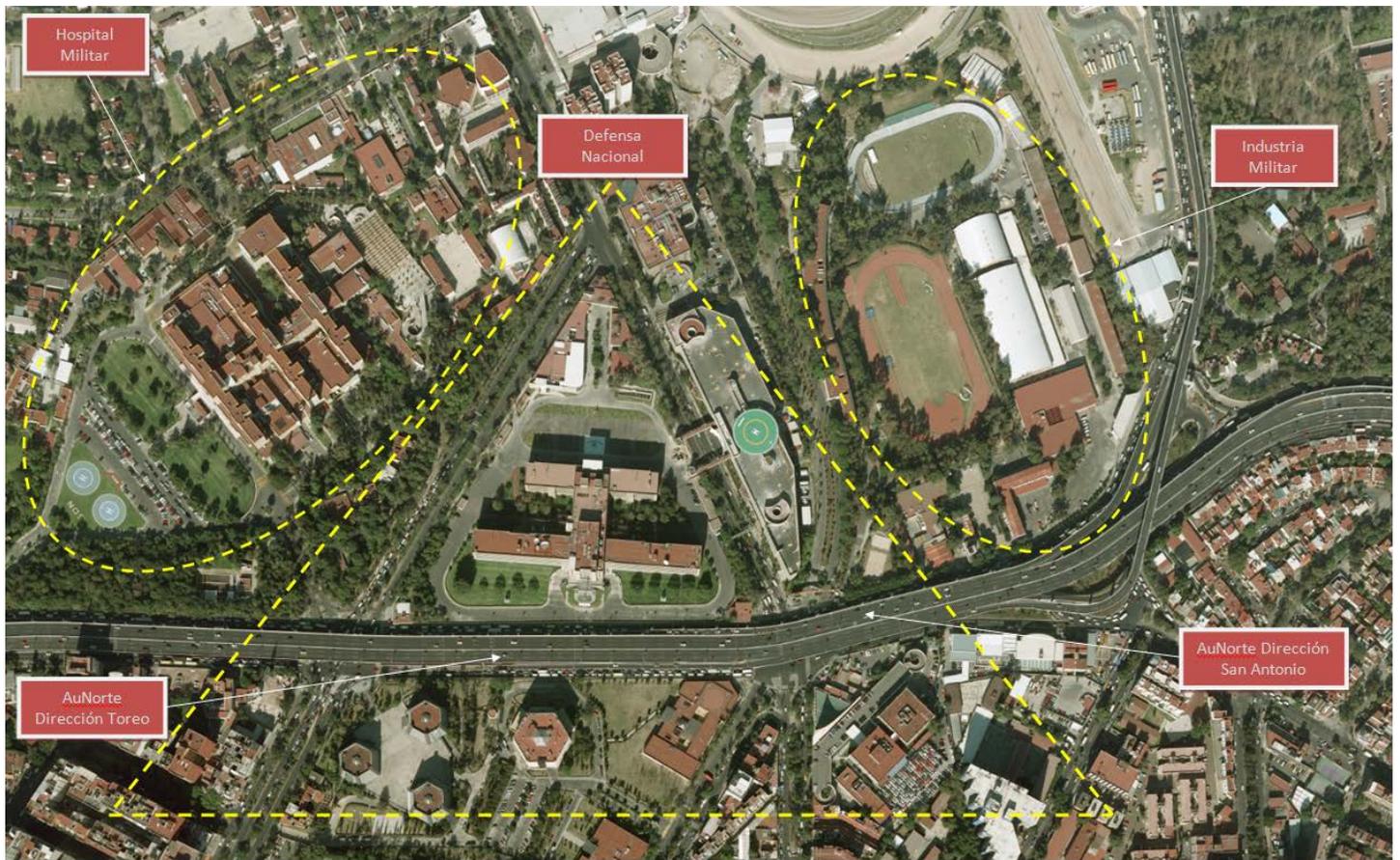


Figura 3. Vista General de la zona de entronque de Ejercito Nacional

Las conexiones con las que actualmente cuenta el entronque son:

- Ingreso a AUNORTE, mediante la entrada “Hospital Militar”, dirección Sur, rumbo a San Antonio. A esta entrada se puede acceder desde los carriles laterales de periférico, después del cruce de Ejército Nacional a la altura del Hospital Militar, donde se encuentra la rampa de subida. Los vehículos que bajan por la calle General Juan Cabral, pueden girar a la derecha, incorporándose a los carriles del periférico, y finalmente a la rampa. Por otro lado, los vehículos que vienen de los carriles laterales de la avenida Ejército Nacional, pueden girar hacia la izquierda, incorporarse a los carriles del periférico y acceder a esta entrada.

Esta rampa cuenta con un único carril de circulación.

- Ingreso a AUNORTE, mediante la entrada “Ejército Nacional”, dirección Norte, rumbo a Toreo. A esta entrada se puede acceder desde los carriles laterales de Ejército Nacional, girando a la derecha a la lateral del periférico, encontrándose así, con la rampa de subida. Los vehículos que vienen por la lateral del periférico, una vez dejan atrás la Avenida Ejército Nacional, se encuentran con la rampa de acceso. De cualquier forma pueden acceder también los vehículos procedentes de Juan Cabral a través del cruce con Periférico.

Esta rampa cuenta con un único carril de circulación.

- Salida AUNORTE “Hospital Militar”, dirección sur, rumbo San Antonio. Desde esta salida los vehículos pueden girar a la derecha por la calle Juan Cabral, o bien girar a la izquierda, accediendo a la Av. Ejército nacional, pudiendo entrar así en la zona de Polanco. Por último, los vehículos pueden continuar sobre la lateral de periférico hacia Reforma.

Esta rampa cuenta con un único carril de circulación.

- Las troncales de la AUNORTE tanto en dirección Norte como en dirección Sur, tienen tres carriles de circulación.

A continuación, se presenta un croquis de las conexiones existentes en el entronque.



Entrada "Hospital Militar" (rojo); Entrada "Ejército Nacional" (rojo); Salida "Hospital Militar" (azul).

Figura 4. Entrada "Hospital Militar" (rojo); Entrada "Ejército Nacional" (rojo); Salida "Hospital Militar" (azul).

### 1.1.2. Problemática

La rampa de entrada "Hospital Militar", dirección Sur, rumbo a San Antonio, presenta un difícil acceso, acentuándose a las horas pico, que son de ocho a nueve de la mañana y de seis a siete de tarde, donde la situación se ve muy afectada.

Por esta rampa pueden ingresar los vehículos que proceden de:

- Juan Cabral dirección Este de los cuales circulan alrededor de 500 a 600 vehículos.
- Carriles Av. Ejército Nacional dirección Oeste con un aforo vehicular aproximadamente de 50 coches.
- Lateral del Periférico dirección San Antonio con un total de 600 vehículos.

- Lateral del Periférico dirección Toreo por medio del retorno existente con un total de 200 vehículos, lo cual genera la invasión del carril de acceso a la rampa de la AuNorte (figura 1 y 2).
- Así mismo la incorporación de los automovilistas que salgan del Hospital Militar ubicado metros antes de esta rampa de entrada.

Uno de los problemas detectados en la rampa de entrada es el rechazo de los automovilistas desde la misma hacia la lateral del Periférico (figura 3), ya que al querer salir de la rampa para incorporarse al Periférico se encuentra una congestión de hasta 300 metros de longitud cubriendo el cruce completo de Av. Ejército Nacional y Juan Cabral con las laterales de Periférico.

Otro problema detectado en la rampa de entrada es el rechazo de los automovilistas desde la misma hacia la lateral del Periférico.



Figura 5. Entrada "Hospital Militar" Vista de la lateral y de la invasión del carril de acceso a la rampa.



Figura 6. Retorno hacia la rampa de acceso "Hospital Militar" Vista de la lateral y de la invasión del carril de acceso a la rampa.



Figura 7. Entrada "Hospital Militar" rechazo y cobro de peaje manual.

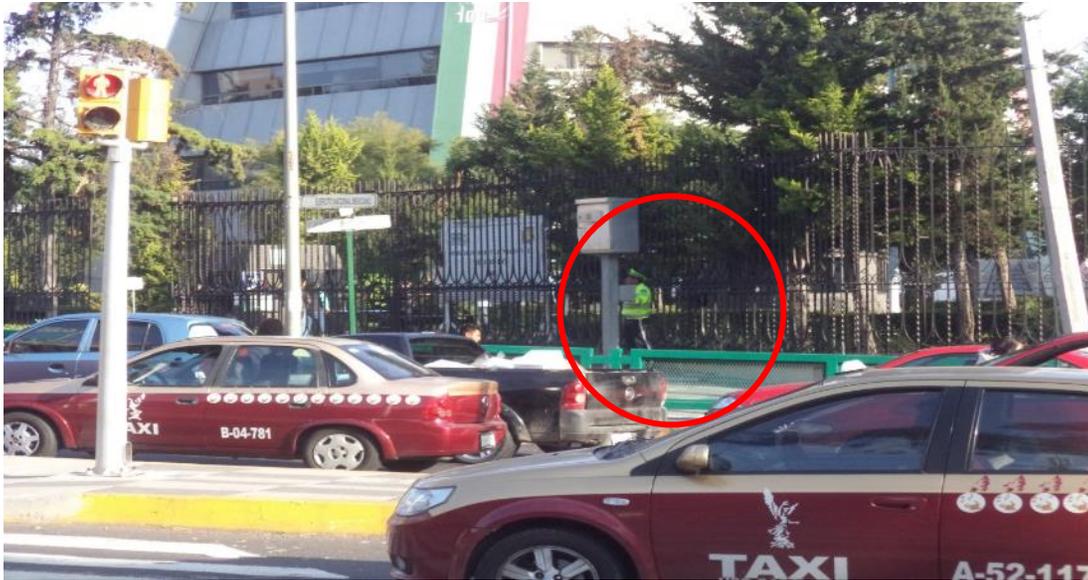


Figura 8. El oficial de tránsito manipulando las fases de los semáforos.

La bajada denominada “Hospital Militar” se encuentra muy próxima.

La rampa de salida AuNorte “Hospital Militar”, dirección sur, rumbo a San Antonio, presenta problemas de congestionamiento que se acentúan en las horas pico que son de ocho a diez de la mañana y de dos a cuatro de la tarde, aunque en algunas ocasiones, se traslada de cinco a siete de la tarde. Dicha congestión afecta al buen funcionamiento de la rampa, generándose en la misma, tramos congestionados de hasta 200 m.

Los problemas localizados básicamente son los mismos que la rampa de acceso a la AuNorte “Hospital Militar”, y se describen a continuación:

Esta congestión se debe a las fases del semáforo que opera manualmente el oficial de tránsito dando prioridad de la luz verde donde el considera lo más viable para no generar tráfico vehicular.

Otro problema grave es el bloqueo de la rampa de salida AuNorte “Hospital Militar” por unidades de transporte público que circulan por la lateral del Periférico.

Además de que saliendo de la rampa nos encontramos con el aforo vehicular de más de 1,000 vehículos que circulan por la lateral del Periférico con dirección

hacia San Antonio, muchos de ellos con dirección hacia Juan Cabral, otros siguiendo la lateral del Periférico y otros tantos giran hacia la izquierda para incorporarse a la Av. Ejército Nacional dirección a la zona de Polanco.

También cabe mencionar que el cruce de la Av. Ejército Nacional y Juan Cabral con el Periférico dirección San Antonio ya cuenta con un congestionamiento muy desfavorable para los que salen de la rampa de salida “Hospital Militar”.



Figura 9. Salida “Hospital Militar” Vista del congestionamiento de la rampa.



Figura 10. Transporte público bloqueando rampa de salida "Hospital Militar".



Figura 11. Congestión Vial del cruce, afectando la salida "Hospital Militar".

La entrada "Ejército Nacional", dirección Norte, rumbo a Toreo, presenta un funcionamiento fluido aún en las horas punta, que en este caso son de ocho a diez

de la mañana y de cuatro a seis de la tarde, presentándose algunos días a las ocho de la noche.

El tránsito que entra a la rampa procede:

- Carriles laterales de la Av. Ejército Nacional con un aforo vehicular de 200 vehículos aproximadamente.
- Carriles laterales del Periférico dirección Toreo con la influencia vehicular entre 400 y 500 coches.
- Calle Juan Cabral así como de la salida del “Hospital Militar” con un aforo de 200 vehículos.



Figura 12. Entrada “Ejército Nacional”

### 1.1.3. Análisis De La Situación

La rampa de entrada “Hospital Militar”, dirección Sur, rumbo a San Antonio, presenta un difícil acceso, debido primordialmente a las problemáticas mencionadas anteriormente en el punto 1.10.2 Problemática; además de la

interacción de la rampa de salida “Hospital Militar” que se encuentra metros antes del cruce de Av. Ejército Nacional y Juan Cabral con laterales del Periférico que ya se encuentra muy congestionada.

Además, interfiere el tráfico que entra y sale al propio Hospital Militar, así como los que se incorporan desde Ejército Nacional y la calle Juan Cabral a la lateral del Periférico. Todo esto, provoca un trenzado del flujo vehicular, que impide en muchas ocasiones acceder a la subida a la rampa de la Aunorte por este punto.

Aunado a todo lo mencionado anteriormente, existe un retorno desde la lateral de periférico dirección Tereo, hacia la lateral de periférico dirección San Antonio. Los automovilistas que deciden tomar este retorno, invaden el carril de acceso a la rampa de entrada “Hospital Militar” con dirección a San Antonio, esto interfiere también en el buen funcionamiento de la rampa de salida “Hospital Militar”

Por otro lado, cuando se produce un rechazo en la misma, debido a que no se aceptó el TAG se dirige a los usuarios a la lateral del periférico, que como se comentó anteriormente va muy congestionado, provocando retenciones en el carril de acceso a la rampa.

También provoca retenciones el cobro manual a aquellos que siendo rechazados deciden acceder a la Aunorte pagando en ese momento.



Figura 13.. Entrada y salida al Hospital Militar.



Figura 14. Incorporación desde Ejército hacia periférico dirección San Antonio.



Figura 15. Vehículos que se incorporan por la calle Juan Cabral

La situación de la rampa de salida AuNorte “Hospital Militar”, dirección sur, rumbo San Antonio es muy parecida a la que se produce en la rampa de entrada, ya que existen problemas de congestionamiento debido principalmente:



Figura 16. Vista de las rampas de entrada y salida “Hospital Militar”

A la confluencia con los vehículos que vienen desde la lateral del periférico con un aforo vehicular de más de 1,000 vehículos, ocasionándose un trenzado que provoca que los vehículos vayan almacenándose en la rampa, y la fluidez de la misma no sea la adecuada; ya que muchos de ellos que circulan sobre la lateral del Periférico se dirigen hacia Juan Cabral, otros siguen de frente al Periférico y otros giran hacia la izquierda para incorporarse a la Av. Ejército Nacional a la zona de Polanco.

Otro motivo para generar la congestión se debe a las fases del semáforo que opera manualmente el oficial de tránsito en las horas pico dando prioridad de la luz verde donde el considera lo más viable para no generar tráfico vehicular.

Anteriormente se mencionó sobre el bloqueo de la rampa de salida AuNorte "Hospital Militar" por unidades de transporte público que circulan por la lateral del Periférico.



Figura 17. Vista de la rampa de salida "Hospital" y lateral de periférico.

Esto se agrava con el actual funcionamiento del cruce de Av. Ejército Nacional, Calle Juan Cabral con las laterales del Periférico dirección San Antonio y Toreo.

## **1.2. NUEVO RAMAL EJÉRCITO NACIONAL**

En el tramo central de AUNORTE se localizan las zonas con una mayor capacidad de atracción de viajes, asentadas en las delegaciones de Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc, donde se ubican importantes focos turísticos de la ciudad así como algunos de los más importantes centros de negocios y hoteleros de la Ciudad de México.

En el sentido Sur-Norte, AUNORTE presenta dos salidas para dar acceso a este ámbito de la ciudad, Alencastre Oriente y Chapultepec Oriente. La primera de ellas da fundamentalmente acceso al área de Alencastre, y a Polanco y al Paseo de Reforma Este, a través de la Calzada Chivatito.

La salida de Chapultepec Oriente tiene como destinos principales el Paseo de Reforma Oeste, o Polanco, a través de Anatole France. Adicionalmente, esta es la última salida, hasta el Walmart, que conecta con la vía lateral del Periférico.

Sin embargo, de los conteos realizados se extrae la conclusión de que la mayor parte del tráfico que sale por Alencastre tiene por destino Alencastre y el área de Polanco, mientras que en la salida de Chapultepec Oriente los viajes se reparten principalmente entre Polanco y el Paseo de Reforma Oeste, siendo en ambos caso minoritarios los movimientos hacia el centro a través del Paseo de Reforma.

A continuación se muestra, la evolución de la intensidad diaria en ambas salidas en los últimos meses:

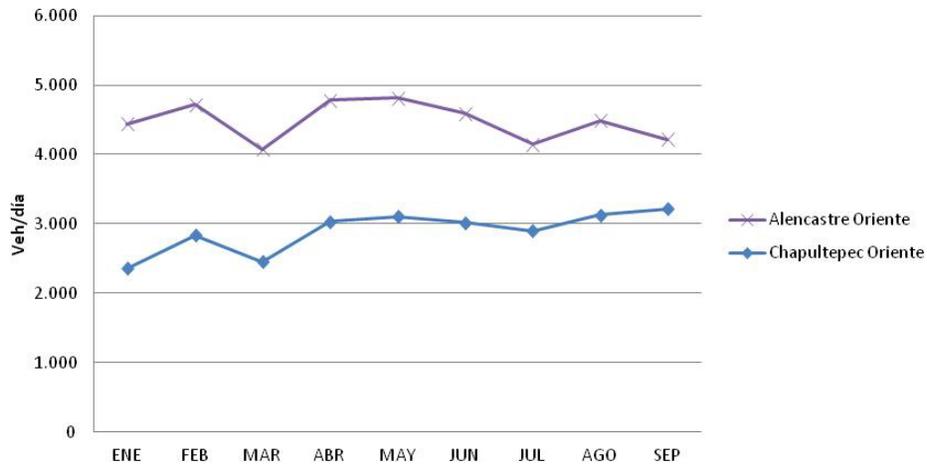


Gráfico 1. Evolución mensual TPDA Salidas AUNORTE Sur-Norte

Ambas salidas se encuentran altamente condicionadas por la congestión existente en la vialidad libre en hora punta, llegando en ocasiones las colas que se producen hasta el propio Viaducto.

En este sentido, y con el fin de valorar el efecto de las colas sobre los tiempos de acceso, se han realizado varios recorridos por ambas salidas con destino Polanco (llegada a Alejandro Dumas/Horacio), obteniendo los siguientes resultados:

No.	Hora de Inicio	Hora de Fin	Punto de Partida	AUNORTE	
				Llegada por Alencastre	Llegada por Reforma
				Duración del Viaje	
1	7:08	7:17	Sostenes Rocha	8:49	7:36
2	7:42	7:55		12:42	6:11
3	8:27	8:44		17:35	32:08
4	9:29	9:44		12:25	14:03
5	10:21	10:30		9:29	8:29
6	11:00	11:06		6:09	6:14

Tabla 1. Tiempos de recorrido Sostenes Rocha - Polanco

Así, se puede observar que en periodos con demanda baja los tiempos de recorrido son similares por ambas opciones, pero que una vez que se alcanza la congestión, los tiempos de recorrido aumentan de manera crítica, especialmente en la salida de Reforma.

A continuación, se expone la tabla con la distribución de los tráficos a lo largo de un día laborable en ambas salidas.

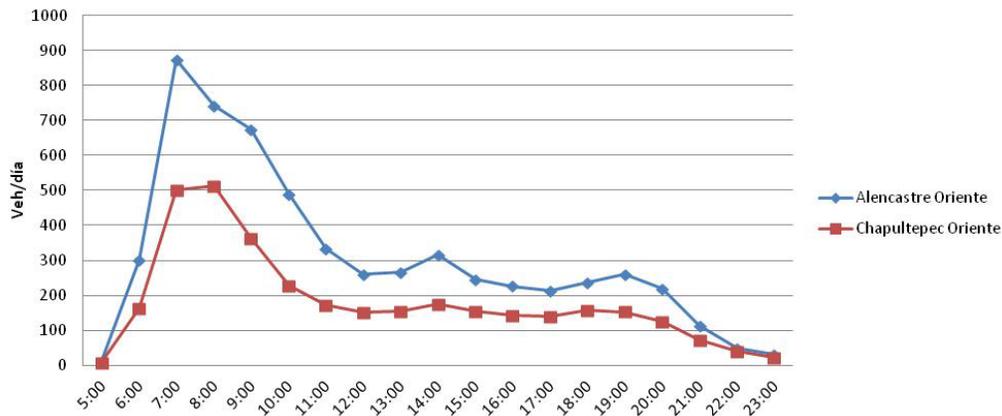


Gráfico 2. Distribución horaria día laborable. Salidas AUNORTE

Como conclusión de los datos presentados, se plantea la ejecución de una nueva salida que permita un acceso a Polanco que no se encuentre condicionado por la alta demanda que absorben las vías laterales del Periférico y su vialidad adyacente.

El análisis de la red viaria realizado y la toma de datos de tráfico han permitido seleccionar como vial más adecuado para el objetivo planteado Ejército Nacional, que en hora punta de mañana presenta intensidades no superiores a los 1500 vehículos con una sección de 2 carriles centrales y dos laterales en sentido de acceso a Polanco.

Adicionalmente, las principales intersecciones de esta avenida se cruzan mediante paso inferior, por lo que la velocidad de recorrido no se encuentra afectada por la semaforización de los cruces existentes.

Como forma de comparar los posibles tiempos de recorrido en una situación futura con la nueva rampa de Ejército Nacional puesta en marcha, se han medido tiempos por AUNORTE hasta Ejército Nacional, y posteriormente por esta vía hasta Polanco (nuevamente hasta Alejandro Dumas/Horacio). El resultado comparativo es el siguiente:

No.	Hora de Inicio	Hora de Fin	Punto de Partida	AUNORTE		
				Llegada por Alencastre	Llegada por Reforma	Llegada por Ejército Nacional
				Duración del Viaje		
1	7:08	7:17	Sostenes Rocha	8:49	7:36	10:00
2	7:42	7:55		12:42	6:11	9:00
3	8:27	8:44		17:35	32:08	10:58
4	9:29	9:44		12:25	14:03	12:00
5	10:21	10:30		9:29	8:29	11:48

Tabla 2. Tiempos de recorrido Sostenes Rocha - Polanco

Así, se puede ver que en periodos fuera de punta el acceso a Polanco es más rápido por Alencastre o Chapultepec, pero que el nuevo acceso ofrece una alternativa más eficaz en periodos punta.

La elección de este nuevo itinerario por parte de los usuarios de Alencastre o de Chapultepec hará que aumenten las distancias de recorrido por el peaje en las siguientes cantidades:

- Alencastre Oriente a Ejército Nacional 3100 metros adicionales
- Chapultepec Oriente a Ejército Nacional 2500 metros adicionales

Adicionalmente, la nueva rampa de Ejército Nacional también facilita el acceso a áreas no atendidas por las salidas de Alencastre o Chapultepec, como pueden ser las avenidas de Legaria, Industria Militar o incluso Palmas.

A continuación, se adjunta un plano con la solución propuesta para el nuevo ramal de acceso a Ejército Nacional.

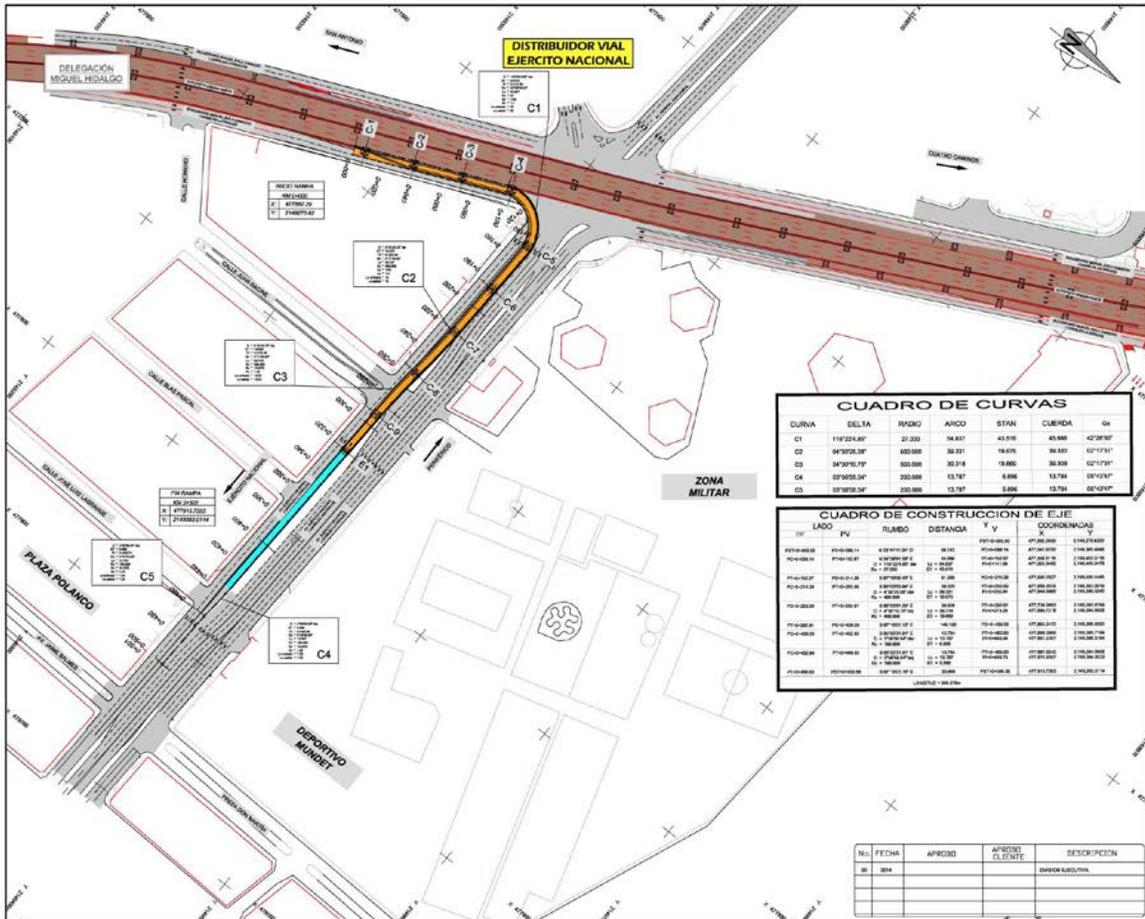


Figura 18. Plano Solución Propuesta para el Nuevo Ramal Ejercito Nacional

Tras la presentación del objeto y definición de la nueva rampa, a continuación, se incluye un cálculo aproximado del número de vehículos que puede llegar a captar la nueva rampa.

Para ello se ha considerado que la nueva rampa va a presentar dos tipos diferentes de tráfico:

- Tráfico proveniente de las rampas de Alencastre o Chapultepec, que debido a la considerable mejora en los tiempos de recorrido en las horas punta van a modificar su recorrido por AUNORTE desembocando en la nueva rampa.
- Nuevo tráfico que en la actualidad no utiliza el Viaducto y que será captado debido a la generación de un nuevo área-destino de demanda

Las suposiciones que se han adoptado son las siguientes:

- Un 25 % del tráfico de Alencastre en periodo Punta discurrirá por Ejercito Nacional.
- Un 5 % del tráfico de Alencastre en periodo Valle discurrirá por Ejercito Nacional.
- Un 40 % del tráfico de Chapultepec en periodo Punta discurrirá por Ejercito Nacional.
- Un 10 % del tráfico de Chapultepec en periodo valle discurrirá por Ejercito Nacional.

Adicionalmente, se ha considerado una generación de tráfico nueva del 10 % del tráfico existente actualmente en Alencastre y Chapultepec.

Todos estos valores se consideran del lado de la seguridad.

SITUACIÓN ACTUAL

	ENT	SAL	DIST	TARIFA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AUN PUNTA	SAO	AlenO	4201	2,22	3.067	3.232	2.759	3.259	3.227	3.104	2.899	3.061	2.908
					\$28.606	\$30.139	\$25.731	\$30.390	\$30.098	\$28.947	\$27.034	\$28.545	\$27.125
AUN PUNTA	SR	AlenO	1509		89	79	57	62	64	48	49	51	51
					\$298	\$266	\$190	\$207	\$216	\$162	\$165	\$170	\$172
AUN PUNTA	CTS	AlenO	1097		0	0	0	28	77	93	90	100	101
					\$0	\$0	\$0	\$68	\$187	\$225	\$219	\$243	\$246

AUN PUNTA	SAO	CHO	4888	2,22	1.464	1.736	1.508	1.878	1.858	1.827	1.812	1.922	1.980
					\$15.890	\$18.833	\$16.365	\$20.382	\$20.158	\$19.830	\$19.662	\$20.857	\$21.487
AUN PUNTA	SR	CHO	2191		192	222	182	236	235	229	243	246	264
					\$932	\$1.077	\$888	\$1.150	\$1.145	\$1.113	\$1.181	\$1.197	\$1.283
AUN PUNTA	CTS	CHO	1775		0	0	0	15	44	48	44	50	58
					\$0	\$0	\$0	\$59	\$175	\$189	\$173	\$195	\$229

AUN VALLE	SAO	AlenO	4201	1,97	1.239	1.367	1.226	1.380	1.363	1.257	1.020	1.176	1.066
					\$10.252	\$11.313	\$10.145	\$11.418	\$11.277	\$10.403	\$8.440	\$9.736	\$8.824
AUN VALLE	SR	AlenO	1509		42	42	33	34	28	25	23	28	24
					\$126	\$124	\$99	\$100	\$84	\$75	\$69	\$82	\$72
AUN VALLE	CTS	AlenO	1097		0	0	0	20	57	66	63	69	68
					\$0	\$0	\$0	\$43	\$122	\$142	\$136	\$149	\$148

AUN VALLE	SAO	CHO	4888	1,97	617	778	685	806	845	788	687	774	779
					\$5.939	\$7.487	\$6.599	\$7.757	\$8.135	\$7.583	\$6.614	\$7.457	\$7.496
AUN VALLE	SR	CHO	2191		87	96	80	89	92	96	87	100	101
					\$377	\$415	\$347	\$386	\$395	\$416	\$373	\$431	\$434
AUN VALLE	CTS	CHO	1775		0	0	0	10	29	33	30	35	38
					\$0	\$0	\$0	\$35	\$102	\$114	\$106	\$124	\$133

AUN PUNTA	SAO	AlenO	4201	2,22	2.300	2.424	2.069	2.444	2.420	2.328	2.174	2.296	2.181
					\$21.454	\$22.605	\$19.298	\$22.792	\$22.573	\$21.711	\$20.276	\$21.409	\$20.344
AUN PUNTA	SR	AlenO	1509		67	60	43	46	48	36	37	38	39
					\$223	\$200	\$142	\$155	\$162	\$121	\$124	\$127	\$129
AUN PUNTA	CTS	AlenO	1097		0	0	0	21	58	69	67	75	76
					\$0	\$0	\$0	\$51	\$141	\$169	\$164	\$182	\$185

AUN PUNTA	SAO	CHO	4888	2,22	879	1.041	905	1.127	1.115	1.096	1.087	1.153	1.188
					\$9.534	\$11.300	\$9.819	\$12.229	\$12.095	\$11.898	\$11.797	\$12.514	\$12.892
AUN PUNTA	SR	CHO	2191		115	222	182	236	235	229	243	246	264
					\$559	\$1.077	\$888	\$1.150	\$1.145	\$1.113	\$1.181	\$1.197	\$1.283
AUN PUNTA	CTS	CHO	1775		0	0	0	9	27	29	26	30	35
					\$0	\$0	\$0	\$35	\$105	\$114	\$104	\$117	\$137

AUN VALLE	SAO	AlenO	4201	1,97	1.177	1.299	1.165	1.311	1.294	1.194	969	1.118	1.013
					\$9.739	\$10.748	\$9.638	\$10.847	\$10.713	\$9.882	\$8.018	\$9.249	\$8.383
AUN VALLE	SR	AlenO	1509		40	40	32	32	27	24	22	26	23
					\$120	\$118	\$94	\$95	\$79	\$71	\$65	\$78	\$69
AUN VALLE	CTS	AlenO	1097		0	0	0	19	54	62	60	66	65
					\$0	\$0	\$0	\$41	\$116	\$135	\$130	\$142	\$140

AUN VALLE	SAO	CHO	4888	1,97	555	700	617	725	760	709	618	697	701
					\$5.346	\$6.738	\$5.939	\$6.982	\$7.321	\$6.825	\$5.953	\$6.711	\$6.747
AUN VALLE	SR	CHO	2191		79	87	72	80	82	87	78	90	91
					\$340	\$374	\$312	\$347	\$356	\$374	\$336	\$388	\$391
AUN VALLE	CTS	CHO	1775		0	0	0	9	26	29	27	32	34
					\$0	\$0	\$0	\$31	\$92	\$102	\$96	\$111	\$119

AUN PUNTA	SAO	EJN	7301	2,22	1.353	1.502	1.293	1.566	1.550	1.507	1.449	1.534	1.519
					\$21.922	\$24.347	\$20.957	\$25.381	\$25.120	\$24.425	\$23.493	\$24.863	\$24.623
AUN PUNTA	SR	EJN	4609		99	20	14	15	16	12	12	13	13
					\$1.012	\$203	\$145	\$158	\$165	\$123	\$126	\$130	\$131
AUN PUNTA	CTS	EJN	4197		0	0	0	13	37	42	40	45	49
					\$0	\$0	\$0	\$121	\$345	\$395	\$373	\$417	\$452

AUN VALLE	SAO	EJN	7301	1,97	124	146	130	150	153	142	120	136	131
					\$1.778	\$2.101	\$1.867	\$2.151	\$2.195	\$2.037	\$1.721	\$1.960	\$1.887
AUN VALLE	SR	EJN	4609		11	12	10	11	11	11	10	11	11
					\$99	\$106	\$88	\$97	\$96	\$99	\$89	\$103	\$102
AUN VALLE	CTS	EJN	4197		0	0	0	2	6	7	6	7	7
					\$0	\$0	\$0	\$16	\$48	\$54	\$51	\$58	\$60

SITUACIÓN FUTURA

AUN PUNTA	SAO	EJN	7301	2,22	453	497	427	514	508	493	471	498	489
					\$7.345	\$8.051	\$6.916	\$8.326	\$8.242	\$7.993	\$7.635	\$8.076	\$7.923
AUN PUNTA	SR	EJN	4609		28	30	24	30	30	28	29	30	32
					\$287	\$308	\$245	\$305	\$307	\$283	\$299	\$304	\$322
AUN PUNTA	CTS	EJN	4197		0	0	0	4	12	14	13	15	16
					\$0	\$0	\$0	\$40	\$113	\$131	\$125	\$139	\$148

NUEVO TRÁFICO

AUN VALLE	SAO	EJN	7301	1,97	186	214	191	219	221	204	171	195	184
					\$2.669	\$3.084	\$2.749	\$3.143	\$3.175	\$2.941	\$2.455	\$2.806	\$2.653
AUN VALLE	SR	EJN	4609		13	14	11	12	12	12	11	13	13
					\$118	\$125	\$103	\$112	\$109	\$110	\$100	\$116	\$113
AUN VALLE	CTS	EJN	4197		0	0	0	3	9	10	9	10	11
					\$0	\$0	\$0	\$25	\$71	\$81	\$77	\$86	\$88

De manera resumida, los valores fundamentales son los siguientes:

SITUACIÓN ACTUAL			
RAMPA	PERIODO	TPD	INGRESOS
ALENCASTRE	PUNTA	3.061	\$27.543,13
	VALLE	1.159	\$9.044,50
CHAPULTEPEC	PUNTA	2.302	\$22.998,98
	VALLE	917	\$8.063,46
TOTAL		7.439	\$67.650,07

SITUACIÓN FUTURA SIN NUEVA CAPTACIÓN			
RAMPA	PERIODO	TPD	INGRESOS
ALENCASTRE	PUNTA	2.296	\$20.657,35
	VALLE	1.101	\$8.592,28
CHAPULTEPEC	PUNTA	1.487	\$14.312,64
	VALLE	825	\$7.257,11
EJERCITO NACIONAL	PUNTA	1.581	\$25.206,22
	VALLE	150	\$2.048,57
TOTAL		7.439	\$78.074,16

NUEVA CAPTACIÓN EJERCITO NACIONAL			
RAMPA	PERIODO	TPD	INGRESOS
EJERCITO NACIONAL	PUNTA	536	\$8.394,28
	VALLE	208	\$2.854,68
TOTAL		8.332	\$11.248,96

COMPARACIÓN INTENSIDADES		
	ACTUAL	FUTURA
ALENCASTRE	4.220	3.397
CHAPULTEPEC	3.219	2.312
EJERCITO	-	2.474

Para la realización del estudio de rentabilidad se han considerado las siguientes condiciones:

- Presupuesto de inversión \$48.675.375
- Crecimiento de tráfico 1 % anual

En la siguiente tabla se expone el resultado del cálculo del TIR:

2015	-\$48.675.375,00
2016	\$6.819.536,99
2017	\$6.887.732,36
2018	\$6.956.609,68
2019	\$7.026.175,78
2020	\$7.096.437,53
2021	\$7.167.401,91
2022	\$7.239.075,93
2023	\$7.311.466,69
2024	\$7.384.581,35
2025	\$7.458.427,17
2026	\$7.533.011,44
2027	\$7.608.341,55
2028	\$7.684.424,97
2029	\$7.761.269,22
2030	\$7.838.881,91
2031	\$7.917.270,73
2032	\$7.996.443,44
2033	\$8.076.407,87
2034	\$8.157.171,95
2035	\$8.238.743,67
T.I.R.	13,70%

Tal como se puede apreciar, la nueva rampa de Ejercito Nacional mantiene unos valores de rentabilidad apropiados, aun cuando se considera que los valores adoptados como hipótesis se encuentran del lado de la seguridad.

Adicionalmente, cabe destacar las ventajas adicionales que la ejecución de esta rampa supone como es la disminución de las colas en las rampas de Alencastre y Chapultepec con el fin de eliminar las colas que llegan a afectar al tronco del viaducto.

## 2 Cartografía

De acuerdo con los estudios previos a la problemática existente en la zona de Ejercito Nacional y para la propuesta de soluciones, se efectuó la restitución fotogramétrica digital para la obtención de la cartografía a escala 1:1000 de la zona, además de que como complemento se realizó un levantamiento taquimétrico en campo para minimizar errores en la restitución y para lograr mayor detalle de aquellos elementos que no sean visibles en la fotografía y que pudieron ser omitidos por algún otro elemento que dificultara su visibilidad.

A continuación, se detalla cada proceso para la obtención de la topografía final de la zona de estudio.

La elaboración de la cartografía se ha realizado mediante un vuelo fotogramétrico en el que posteriormente se ha realizado la restitución

Las características del vuelo han sido las siguientes

### Fecha de vuelo:

05 de junio de 2013

### Localización

Ciudad: Ciudad de México

Este: 477877.20 m E

Norte: 2157296.42 m N

### Equipo fotogramétrico

Aeronave: Cessna 402B

Matrícula: N-402CE

Cámara: UltraCamD

Distancia focal: 101.4 mm.

### Características técnicas del vuelo

Ground Sampling Distance (GSD): 15 cm

Altura media sobre el terreno: 1,690 m.

Traslape longitudinal: 60%  
Traslape lateral: 30%  
Número de líneas: 3  
1.5 Información de las imágenes  
Número de imágenes: 83  
Formato: TIFF, sin comprimir  
Canales: RGB, 8 bits

## **2.1 Vuelo Fotogramétrico**

Las características del vuelo han sido las siguientes

### Fecha de vuelo:

05 de junio de 2013

### Localización

Ciudad: Ciudad de México

Este: 477877.20 m E

Norte: 2157296.42 m N

### Equipo fotogramétrico

Aeronave: Cessna 402B

Matrícula: N-402CE

Cámara: UltraCamD

Distancia focal: 101.4 mm.

### Características técnicas del vuelo

Ground Sampling Distance (GSD): 15 cm

Altura media sobre el terreno: 1,690 m.

Traslape longitudinal: 60%

Traslape lateral: 30%

Número de líneas: 3

1.5 Información de las imágenes

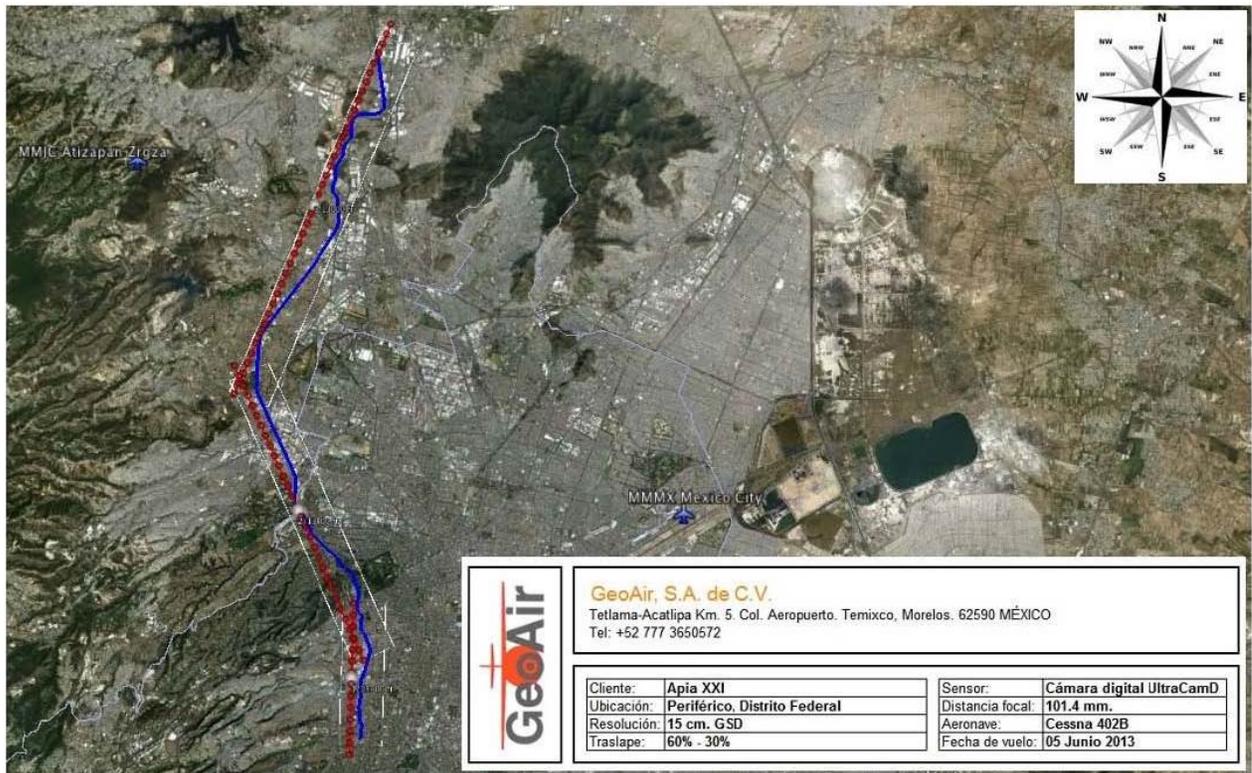
Número de imágenes: 83

Formato: TIFF, sin comprimir

Canales: RGB, 8 bits

### 2.1.1 Gráfico de vuelo

A continuación, se detalla el gráfico de vuelo



## 2.1.2 Coordenadas de los Centros de proyección

\*\*\*\*\*  
AEROoffice V5.1f 2010-01-07

Datamanager Outputfile

\*\*\*\*\*  
Project: 20130605

Projectfile: D:\Graf\_INS\88888\_M\_GGG\20130605\Work\20130605.aop

Event Marks: D:\Graf\_INS\88888\_M\_GGG\20130605\Work\20130605.aom

Format Type: User defined

Format Profile: D:\Graf\_INS\88888\_M\_GGG\2012\_GGG\_WGS\_oH\_XYZOPKT.afd

Sensor-Leverarm: 0.211m 0.000m 0.393m (From IMU IIb to UCD Proj.Centre in Cessna 402B)

Boresight Alignment:

Boresight Calculation finished: 2010-09-01

Roll : -0.8542°

Pitch : -0.1050°

Yaw : 0.4597°

Meridian Convergence corrected

Local Coordinate System:

UTM - WGS84 SPH - Orthometric height

Selected Zone: 14N

\*\*\*\*\*  
Infos from the postprocessing logfile:

AEROoffice V5.1f 2010-01-07 .

Header of imported GPS File .

Project: 20130605 .

Program: GrafNav Version 8.10.3124 .

Profile: IGI AEROCTRL .

Datum: WGS84, (processing datum) .

GPS-Leverarm: -0.004m -0.005m -0.886m .

\*\*\*\*\*  
The composed format contains:

Delimiter = " "

+ Item 1 : Generic/Line Number

Width=2

+ Item 2 : Generic/Photo Number

Width=6 \*Leading Zero

+ Item 3 : User Datum/Zone

Width=2

+ Item 4 : User Datum/Easting

Width=12 Precision=3 Unit=Meter

+ Item 5 : User Datum/Northing **GeoAir, S.A. de C.V.** Tetlama-Acatlipa Km. 5 Col. Aeropuerto.

Temixco, Morelos 62590 MÉXICO

+ Item 6 : WGS84 Datum/Orthometric height

Width=11 Precision=3 Unit=Meter

+ Item 7 : Attitude/Omega

Width=10 Precision=5 Unit=Degrees (DD.ddd)

+ Item 8 : Attitude/Phi

Width=10 Precision=5 Unit=Degrees (DD.ddd)

+ Item 9 : Attitude/Kappa

Width=14 Precision=5 Unit=Degrees (DD.ddd)

+ Item 10 : Generic/Time

Width=14 Precision=5 Unit=Week Seconds

\*\*\*\*\* 01 640 14 479905.444 2140617.981

4176.099 2.40144 -0.81527 92.32733 311932.63308  
01 641 14 479904.377 2141056.159 4175.097 1.95905 -0.83884 92.47496 311938.53328  
01 642 14 479903.542 2141503.634 4173.441 2.28413 -0.33782 92.42257 311944.53369  
01 643 14 479904.845 2141944.115 4174.073 2.42934 -1.50837 92.38050 311950.43317  
01 644 14 479905.239 2142391.716 4175.717 2.31585 -0.71933 92.32516 311956.43330  
01 645 14 479905.699 2142839.524 4174.971 2.22642 -1.55222 92.60364 311962.43287  
01 646 14 479901.841 2143288.013 4175.360 2.32741 -0.85188 92.99162 311968.43362  
01 647 14 479898.146 2143721.352 4175.077 2.35092 -0.94041 92.83573 311974.23371  
01 648 14 479896.461 2144161.972 4175.167 2.30951 -0.87445 92.60846 311980.13395  
01 649 14 479896.596 2144602.577 4173.887 2.12918 -1.41734 92.66936 311986.03269  
01 650 14 479896.115 2145044.017 4173.906 2.69206 -0.63670 92.85977 311991.93407  
01 651 14 479895.736 2145484.084 4175.776 2.11789 -2.04510 92.83005 311997.83299  
01 652 14 479893.087 2145924.919 4174.241 1.97976 -1.24828 92.88276 312003.73433  
01 653 14 479892.709 2146374.201 4173.297 1.83515 -1.60254 92.51628 312009.73355  
02 654 14 480364.560 2144186.043 4177.716 2.55020 0.90015 115.38777 312298.42065  
02 655 14 480175.181 2144581.713 4176.845 2.25569 0.13571 115.19193 312304.21604  
02 656 14 479987.321 2144980.268 4174.874 3.01043 -1.38573 115.40610 312310.01674  
02 657 14 479794.267 2145377.588 4175.276 2.98076 -0.85889 116.13974 312315.81566  
02 658 14 479595.703 2145774.108 4172.715 2.42502 0.40667 116.27054 312321.61639  
02 659 14 479400.184 2146170.667 4173.596 2.84484 0.02587 116.08253 312327.37857  
02 660 14 479209.120 2146566.536 4176.832 2.76480 -0.14772 115.12872 312333.11637  
02 661 14 479022.472 2146961.429 4176.595 2.22338 -1.36268 115.37112 312338.81814  
02 662 14 478832.489 2147358.479 4173.039 2.61193 -1.40334 115.64027 312344.51690  
02 663 14 478639.426 2147756.797 4173.011 2.53972 -0.00660 115.83550 312350.21601  
02 664 14 478447.924 2148155.679 4176.366 2.72613 -0.16366 115.38243 312355.91763  
02 665 14 478256.522 2148560.603 4176.663 2.49795 -0.80886 115.14915 312361.69800  
02 666 14 478068.276 2148962.793 4173.839 1.96203 -0.08197 115.26922 312367.41007  
02 667 14 477881.133 2149365.449 4171.892 2.49334 -0.19705 115.01166 312373.09686  
02 668 14 477694.817 2149761.303 4172.367 3.02080 -0.75735 115.79701 312378.69752  
02 669 14 477502.116 2150161.276 4176.739 2.09421 -0.10054 115.95515 312384.39770  
02 670 14 477308.791 2150560.645 4175.532 2.47978 -1.31274 116.37069 312390.09861  
02 671 14 477110.418 2150959.832 4172.597 2.38137 -0.63140 116.78544 312395.79820  
02 672 14 476912.083 2151360.155 4172.744 1.57554 2.36774 116.22237 312401.49818  
02 673 14 476722.874 2151755.252 4172.830 2.26610 -0.46048 116.21139 312407.09691  
02 674 14 476528.448 2152157.235 4174.644 2.72991 0.53334 116.22635 312412.79707  
02 675 14 476335.282 2152558.243 4175.121 2.06234 -0.15924 116.03136 312418.49820  
02 676 14 476143.293 2152961.051 4173.619 2.46379 -0.37155 115.94337 312424.19936  
02 677 14 475947.756 2153370.720 4174.759 2.43283 -0.34967 116.17491 312429.99847  
02 678 14 475754.759 2153773.404 4172.271 1.94700 -0.10112 116.18331 312435.69759  
02 679 14 475562.239 2154174.715 4172.439 2.50656 0.34900 115.92821 312441.36202  
02 680 14 475372.689 2154573.051 4175.918 2.21651 0.37401 115.70893 312446.99782  
02 681 14 475182.398 2154976.384 4174.893 2.44500 -1.05761 115.81149 312452.69893  
02 682 14 474984.560 2155386.894 4173.584 2.29915 -0.16694 116.33435 312458.49790  
02 683 14 474788.987 2155790.298 4175.550 2.78963 -1.04744 116.20844 312464.19864  
03 684 14 474806.082 2154644.397 4175.059 1.84728 -2.00208 68.86055 312729.58152  
03 685 14 474967.962 2155063.548 4175.272 2.01476 -1.30158 68.85941 312735.58216

## 2.1.3 Calibración de la cámara

UltraCam D, Serial Number UCD-SU-1-0024



# Calibration Report

Geometric Calibration



Camera:	UltraCam D, S/N UCD-SU-1-0024
Manufacturer:	Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria
Panchromatic Camera:	ck = 101.400mm
Multispectral Camera:	ck = 101.400mm
Date of Calibration:	Nov-11-2011
Date of Report:	Dec-20-2011
Camera Revision:	6.0
Revision of Report:	6.0

## Panchromatic Camera

### Large Format Panchromatic Output Image

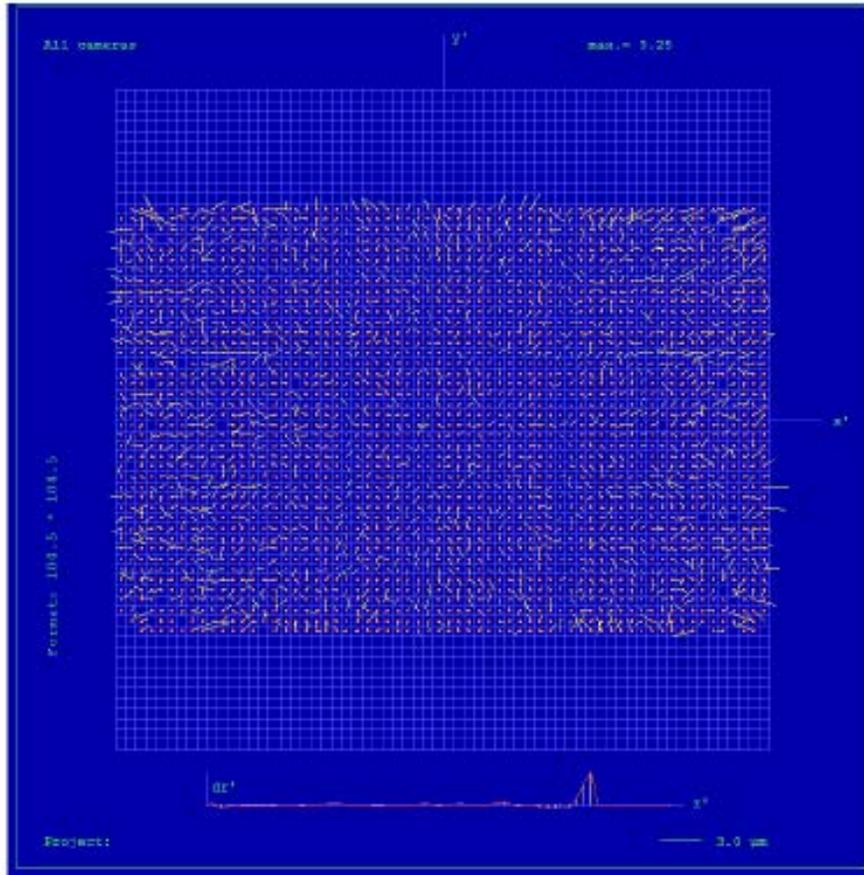
Image Format	long track	67.5mm	7500 pixel
	cross track	103.5mm	11500 pixel
Image Extent		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
Pixel Size		9.000µm*9.000µm	
Focal Length	ck	101.400mm	± 0.002mm
Principal Point	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
(Level 2)	Y_ppa	0.180 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

## Multispectral Camera

### Medium Format Multispectral Output Image (Upscaled to panchromatic image format)

Image Format	long track	67.5mm	2400 pixel
	cross track	103.5mm	3680 pixel
Image Extent		(-33.75, -51.75)mm	(33.75, 51.75)mm
Pixel Size		28.125µm*28.125µm	
Focal Length	ck	101.400mm	
Principal Point	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
(Level 2)	Y_ppa	0.180 mm	± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Full Pan Image, Residual Error Diagram



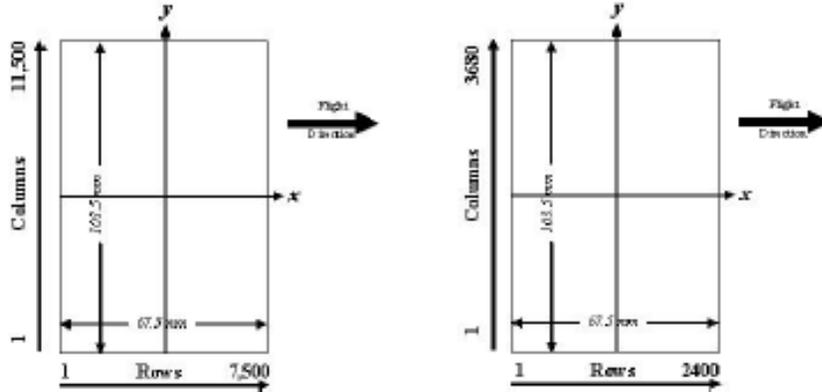
Residual Error (RMS): 0.88  $\mu\text{m}$



UltraCam D, Serial Number UCD-SU-1-0024

3) Level 3 Image Coordinate System:  
(after rotation of 270° CW)

pan 7500 pixel by 11500 pixel  
MS 2400 pixel by 3680 pixel



Panchromatic Image Format

Multispectral Image Format

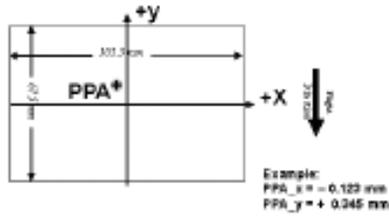
4) Position of Principal Point in Level 3 Image

The position of the principal point in the level 3 image depends on the "rotation" setting used in the OPC during the pan-sharpening step. The exact position relative to the image center is given in the table below as a function of the rotation setting used in the OPC. The coordinates are specified for clockwise (CW) rotation in steps of 90 degrees, according to the principal point coordinate given on page 3 for high- and low resolution images.

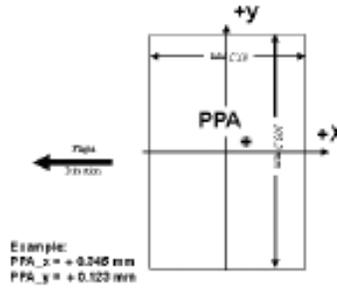
Image Format	Clockwise Rotation (Degree)	PPA	
		X	Y
Level 2	-	0.000	0.180
Level 3	0	0.000	0.180
Level 3	90	0.180	0.000
Level 3	180	0.000	-0.180
Level 3	270	-0.180	0.000

The coordinates in the figure below are only example values to illustrate the effect of image rotation on the principal point position, and do not correspond to the camera described in this report.

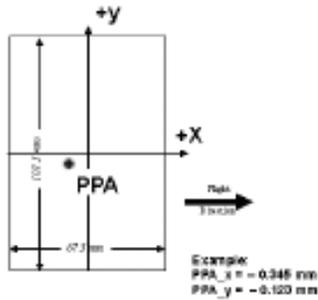
Lvl3, Rotation 0 deg clockwise



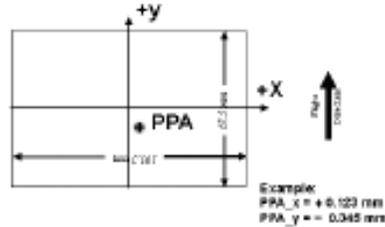
Lvl3, Rotation 90 deg clockwise



Lvl3, Rotation 270 deg clockwise



Lvl3, Rotation 180 deg clockwise



### **3 Red Básica y Puntos de Apoyo**

Debido a que todos los datos facilitados por la contrata están definidos en el Sistema de Coordenadas con el que se ha realizado la construcción del viaducto (UTM WGS 84), se consideró que para evitar posibles errores en el ajuste se utilizará el mismo sistema, por lo que teniendo en cuenta que muchas de las bases han podido desaparecer se buscaron las bases todavía existentes.

#### **3.1 Red Básica**

La Red Básica utilizada para la realización del Apoyo de Campo y todos los trabajos posteriores de cartografía se ha utilizado la existente en la ejecución del Viaducto.

Como se ha realizado la cartografía de todo el viaducto se ha recorrido todas las zonas donde estaban situadas las bases facilitadas en un levantamiento taquimétrico elaborado para la realización del proyecto. Aunque muchas de las bases han desaparecido todavía existen bases suficientes para la realización del Apoyo.

En el Anexo A se detalla la red de todo el viaducto y en otro plano la Red utilizada para el enlace de Ejército.

### 3.1.1 Puntos de apoyo

Para que el vuelo esté ligado directamente con el terreno, son precisos unos puntos de control con coordenadas conocidas. Se tomaron puntos de referencia que fueron claramente identificables en la fotografía (farola, esquina, casa, etc.). Teniendo la posición planimétrica exacta de cada punto, así como su cota, se emplazaron sobre el plano de acuerdo a la escala de la restitución (1:1000).

Aparte de utilizar el levantamiento existente, para el enlace del Ejercito Nacional se han observado los siguientes Puntos de Apoyo.

Nº Punto	X	Y	Z	Cod
1	477366.963	2149612.723	2291.082	Farola
2	477540.654	2149654.355	2286.254	Esq
3	477458.151	2149798.774	2304.213	Casa
4	477175.366	2149709.828	2292.434	Casa
5	479685.028	2149982.737	228917.26	Acera
6	477329.115	2150050.988	2277.216	farola

## 4 Restitución

En este apartado se describe la metodología empleada en la restitución a escala 1/1000, donde se detallan asimismo las fichas de ajuste, las tablas de códigos y los planos de los dibujos correspondientes.

### 4.1 Instrumentación

El proceso de restitución digitalizada se ha realizado con TRES estaciones digitales de la casa TOPCAL Informática, SL

Dichos aparatos acompañados del software de DIGI de la misma casa están perfectamente contrastados y tienen su certificado de calibración correspondiente

#### **4.1.1 Metodología**

Partiendo del vuelo fotogramétrico se procedió a iniciar la fase de restitución. Para ello se empleó el restituidor digital DIGI de la casa TOPCAL Informática, SL, software de adquisición y edición cartográfica. La restitución se ha realizado con TRES estaciones digitales, procesando y modelando todos los elementos planimétricos y altimétricos obtenidos por las fotografías aéreas. digi de la casa TOPCAL Informática, SL

Proceso de Orientación

Ajuste de pares estereoscópicos

En el proceso de la ORIENTACIÓN ABSOLUTA del ajuste se han generados fichas individualizadas en las que se tomaron los residuos planimétricos y altimétricos del ajuste.

Se han realizado así mismo diversos gráficos de frecuencias de los residuos medios obtenidos. El ajuste de todos los pares estereoscópicos restituidos arrojó un valor residual tolerable inferior a los normalizados en los Pliegos de Prescripciones Técnicas de estos tipos de trabajo.

Información a restituir

La restitución digitalizada se ha realizado a la escala indicada 1:1.000, con equidistancia de curvas de 1 m., como ya se ha indicado.

El sistema informático con que están equipados los equipos restituidores tiene diversos programas de aplicación necesarios para que el producto obtenido en esta fase sea del mayor grado de depuración posible, de forma que las modificaciones a introducir en la fase de edición son las mínimas posibles, sin que en ningún caso afecte a la estructura fundamental del plano. Este Software permite:

-Asegurar la continuidad numérica de las líneas que pertenezcan a dos o más pares.

-Asegurar el cierre analítico de las formas cerradas.

-Que dado un punto del que arranquen varias líneas, dicho punto pertenecerá a varios objetos, pero siempre con idénticas coordenadas, XY o XYZ, según casos.

-Obtener figuras geométricas sencillas (paralelogramos, rectángulos, etc.) pero siempre con un método en que la validación definitiva la del operador.

#### Software de restitución

Se han empleado el programa DIGI de la casa TOPCAL para la fase de restitución.

Dicho programa genera originalmente ficheros en formato binario, exportando desde él, mediante programa de traspasos propios a DXF, DGN, DWG...

#### Condiciones de la información a restituir

##### - Planimetría

La restitución planimétrica deberá reflejar todos los detalles identificables, en su exacta posición y verdadera forma a la escala de salida gráfica, siendo objeto de representar mediante un símbolo los restantes.

Se han realizado punto a punto, de forma que se registraron con la máxima precisión posible. En las líneas poligonales el operador se posicionó cada uno de los puntos de inflexión de la misma y en ese momento registra sus coordenadas. No se ha realizado ningún registro informático por análisis direccional u otro similar. Para las líneas curvas el registro fue punto a punto o automáticamente, siempre que los parámetros a fijar asegurasen que la desviación entre el arco y la cuerda es mínima.

Todos los elementos a representar se ceñirán a los indicados en el P.P.T.P.

##### - Altimetría

El relieve se ha representado por curvas de nivel con equidistancia de 1 m..., y curvas maestras cada 5 m. rotulando las curvas maestras su cota y aumentando el número de puntos acotados cuando el relieve ha sido poco acusado.

#### Parcelario

El procedimiento para el levantamiento del parcelario en zona rústica se ha hecho restituyendo el parcelario aparente

#### Codificación

La codificación de los elementos cartográficos se ha ejecutado de forma normalizada.

#### Tolerancias y precisiones finales de la cartografía

Las precisiones a los que se ajusta la cartografía será:

-Precisión planimétrica: Esta precisión se establece en 0,2mm para los puntos bien definidos en el terreno. En el resto, podrán alcanzar el doble de dicha magnitud, 0,4 mm.

La altitudes del 90% de los puntos acotados en el plano, no diferirá de las altitudes verdaderas en  $\pm \frac{1}{4}$  de la equidistancia. El 10% del restante podrá variar como máximo en la mitad del valor de la equidistancia.

-Precisión altimétrica: 0,3 H/1000m.en E.- 1:1000

#### Revisión de campo

Como complemento a la fase de restitución se realizó una vez finalizada ésta la revisión de campo.

Es una fase de gran importancia dentro del desarrollo del trabajo ya que en ella se corrigieron las limitaciones propias de la fotogrametría.

La revisión se realizó sobre ploteo de minutas en papel opaco.

#### Edición interactiva

Sobre los ficheros de cartografía proveniente de la restitución se volcaron los datos revisados que se recogieron durante la fase de revisión de campo.

## Topología

Con los programas adecuados se estudió la topología de la restitución realizada. Como ya se ha indicado el Software que se empleó en la realización de restitución y edición es el programa DIGI de la casa TOPCAL Informática, S.L.

Este programa adapta procesos topológicos propios para el análisis de los elementos restituidos.

Estos procesos se detallan a continuación:

Bintram: Con esta herramienta se detectaron errores generando un archivo para su revisión y posteriormente se realizaron correcciones topológicas.

## Objetivos:

- 1.- Detectar intersecciones entre entidades.
- 2.- Detectar arcos colgantes.
- 3.- Buscar entidades duplicadas.
- 4.- Ramificar entidades, en los puntos de intersección con otras entidades:
  - a.- Sólo creando un nodo en la intersección.
  - b.- Creando un nodo y partiendo las entidades en dos.
- 5.- Juntar entidades para eliminar nodos superfluos, pudiendo elegir entre dos criterios distintos:
  - a.- Por códigos.
  - b.- Por tabla de relaciones.

Aplicaciones del programa:

1.- Al detectar intersecciones entre entidades, se puede utilizar para buscar cortes entre curvas de nivel.

2.- Al juntar entidades atendiendo a su código, se puede utilizar para dar continuidad analítica a entidades que proceden de diferentes ficheros al juntarlos. Por ejemplo, todos los tramos que componen las curvas de nivel, ríos, líneas eléctricas, etc., que proceden de diferentes modelos, se pueden juntar en líneas únicas, dándoles continuidad dentro de la hoja.

#### **4.1.2 Cartografía**

En el anexo B se presenta un plano de la cartografía.

### **5 Topografía**

Como complemento de la cartografía se han realizado diversos levantamientos taquimétricos desde las bases siguientes, enganchadas a las bases del proyecto constructivo:

PUNTO	X	Y	Z
EJ20	477605.4079	2149385.641	2282.152
EJ21	477513.4932	2149411.498	2285.026
EJ22	477720.2308	2149411.498	2278.716
EJ23	478002.004	2149409.153	2270.998

#### **5.1 Reseñas de las bases de replanteo**

Las reseñas con la descripción de cada una de las bases de replanteo utilizadas en los trabajos topográficos de ampliación realizados se adjuntan a continuación. En el plano de Topografía del documento ANEXOS aparecen situadas las bases utilizadas.

En las bases de replanteo se detallan los siguientes elementos:

- Coordenadas de las bases
- Croquis de situación
- Plano general
- Descripción literal de la base
- Fotografía

Proyecto: **Enlace Ejército**

**EJ20**

Provincia: MEXICO DF

Fecha: Mayo 2014

**Situación:**

El clavo está en la acera en frente de la puerta del Colegio Brighton.

**COORDENADAS U.T.M**

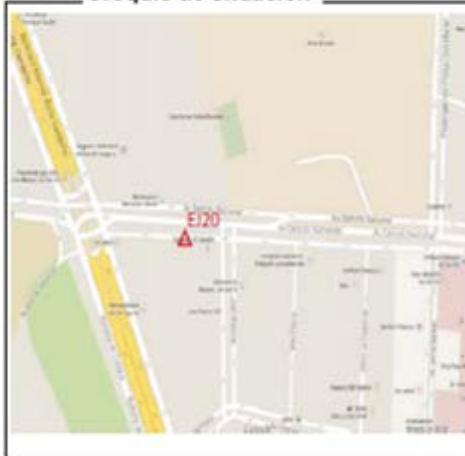
X: 477605,4679

Y: 2149385,641

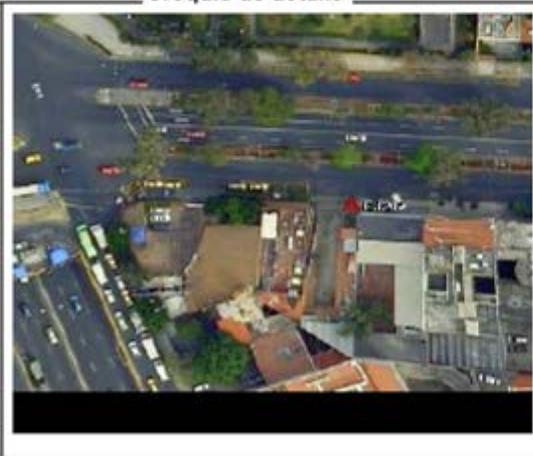
Z: 2282,152

Señal: Clavo

**Croquis de situación**



**Croquis de detalle**



**Fotografía**



Proyecto: **Enlace Ejército**

**EJ21** Provincia: MEXICO DF Fecha: Mayo 2014

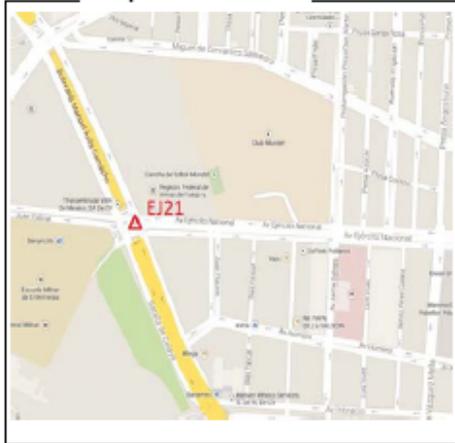
**Situación:**  
El clavo está en la isleta de los semáforos que hay debajo del puente.

**COORDENADAS U.T.M**

X: 477513,4932  
Y: 2149411,498  
Z: 2285,026

**Señal:** Clavo

Croquis de situación



Croquis de detalle



Fotografía



Proyecto: **Enlace Ejército**

**EJ23**

Provincia: MEXICO DF

Fecha: Mayo 2014

**Situación:**

El clavo está en la acera del cruce entre la Calle Ejército Nacional y la Calle Presa del Azucar. A la altura del poste de hormigón.

**COORDENADAS U.T.M**

X: 478002,004

Y: 2149409,153

Z: 2270,998

Señal: Clavo

**Croquis de situación**



**Croquis de detalle**



**Fotografía**



### **5.1.1 Levantamiento taquimétrico**

Como complemento de la cartografía se realizó un levantamiento taquimétrico de la zona de estudio, con el fin de mejorar aquellos detalles que no fueron visibles durante la restitución. Para llevar a cabo dicho levantamiento, se establecieron cuatro estaciones desde las cuales se extendieron las observaciones, estas se denominaron EJ20, EJ21, EJ22 y EJ23, referenciado respecto a las coordenadas UTM zona 14N y al Datum WGS 84 de los trabajos y la cartografía realizados anteriormente, así como el resto del levantamiento topográfico.

Para realizar los trabajos de topografía en campo se utilizó una Estación Total marca LEICA, modelo TC805 con número de serie 750142. Se adjunta certificado de calibración actualizado.

Se toman al menos 10 puntos significativos (fin bordillo, esquina muro, etc), comunes con los trabajos de la restitución realizados anteriormente.

Una vez obtenidos los datos de campo del taquimétrico se procedió al tratamiento informático de los mismos, los datos de campo se trataron en la oficina bajo el programa LEICA Geo Office para después ser exportado a Autocad.

En el anexo C se presenta los planos del levantamiento taquimétrico.

**ALCANCE DEL CERTIFICADO  
DE CALIBRACIÓN**

Este certificado de calibración sólo ampara el instrumento y los resultados que se desglosan, con las mediciones y características presentes en el momento que se calibra.

**# DE CERTIFICADO:** T17-074  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 05/09/2017  
**FECHA DE CALIBRACIÓN:** 18/09/2017  
**FECHA DE EMISIÓN:** 19/09/2017  
**USUARIO:**  
LOUIS BERGER MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.

**DIRECCIÓN DEL USUARIO:**  
SUDERMANN 159 PISO 1 DESPACHO 103  
CHAPULTEPEC MORALES, MIGUEL HIDALGO,  
CIUDAD DE MEXICO, C.P. 11570

**INSTRUMENTO:** TEODOLITO  
(ESTACION TOTAL )  
**MARCA:** Leica  
**MODELO:** TC805  
**SERIE:** 750142

Formulario FT130



**Durante el proceso de calibración se realiza lo siguiente:**

- Ajuste de sus burbujas
- Ajuste del giro centrado de la retícula
- Ajuste de la colimación vertical e indexado del círculo
- Ajuste de la colimación horizontal del aparato
- Ajuste de la perpendicularidad de sus ejes
- Ajuste de su plomada
- Comparación de medición de distancia en línea base

**DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

- **Método:** Lectura directa en colimadores al infinito.
- **Procedimiento:** Calibración de teodolito
- **Revisión:** 13
- **Temperatura :** (20 ± 20) °C
- **Lecturas del ángulo horizontal:** 30
- **Lecturas del ángulo vertical:** 24



Número de acreditación: D-124  
Acreditado a partir de 2012-04-18

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

**Desviación estándar experimental**

Eje	" (seg. de arco)	Grados de libertad
Horizontal	0.9	8
Vertical	1.0	8

Temperatura: ( 20.4 a 20.7 ) °C  
Incertidumbre, U: ± 5.8 " (seg. de arco)  
La incertidumbre de calibración U se calcula de acuerdo con la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 con un factor de cobertura k=2 para un intervalo de confianza del 95%

**TRAZABILIDAD Y VIGENCIA DE LOS PATRONES DEL LABORATORIO**

(1) **Nivel de Burbuja**  
Modelo: Mitutoyo 960-603  
Calibra: CIDESI  
Informe: LMD-162736  
Vigente desde: 2016-12-14  
Incertidumbre: ± 2 " (seg. de arco)  
Trazabilidad: Patrón nacional de longitud CENAM

**SIGNATARIOS DE ABRECO**

Realiza calibración

Ing. Rodrigo Andrei Álvarez Noguez  
Técnico de electrónica y calibración  
Supervisa y autoriza

Ing. Miguel Moreno Jasqui  
Director general

## **6 Conclusiones**

El presente informe tuvo como objetivo conocer la configuración topográfica de la zona de Ejercito Nacional, mediante un vuelo fotogramétrico y un levantamiento taquimétrico. Con la finalidad de solucionar la problemática existente y darles salida a los usuarios del VEB hacia la zona de Polanco. De lo cual surge la necesidad de incorporar en este punto, una nueva rampa de salida, que permita a los residentes de esta zona ingresar de manera fácil a esta zona, es por ello que con base al estudio topográfico en conjunto con el estudio geotécnico se propone:

La construcción de 1 rampa de salida del VEB en sentido oriente de 6.50m de ancho, lo que permitirá un acceso más fácil a la zona de Polanco y sus colonias aledañas.

## 7 Bibliografía

- ❖ LÓPEZ M.; MARTÍNEZ E. Y BLASCO J.J. Topografía para estudios de grado: geodesia, cartografía, fotogrametría, topografía.
- ❖ Secretaria de Comunicaciones y Transportes SCT. Dirección de Servicios Técnicos Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. 2016
- ❖ <http://www.louisberger.com/>
- ❖ <http://www.aunorte.com.mx/>
- ❖ <http://g3geotecnologias.com/es/servicios/pares-esterioscopicos/>
- ❖ <http://www.sigla-sas.com/restitucion-fotogrametrica-y-cartografia.html>
- ❖ [http://www.academia.edu/16746632/EL\\_VUELO\\_FOTOGRAFOMETRICO](http://www.academia.edu/16746632/EL_VUELO_FOTOGRAFOMETRICO)

## 8 Glosario

**Calibración.-** Ajustar, con la mayor exactitud posible, las indicaciones de un instrumento de medida con respecto a un patrón de referencia.

**Cartografía.-** Ciencia que estudia los mapas.

**Entronque.-** Transbordo, cambio de línea de transporte.

**Infraestructura.-** Conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera.

**Taquimétrico.-** Parte de la topografía que enseña a levantar planos con rapidez por medio del taquímetro (instrumento semejante al teodolito, que sirve para medir a un tiempo distancias y ángulos horizontales y verticales).

**Metodología.-** Conjunto de procedimientos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

**Pares estereoscópicos.-** Son imágenes adquiridas para una misma ubicación geográfica en dos perspectivas distintas, permitiendo la generación de pares estereoscópicos y extracción de datos tridimensionales del terreno.

**Peaje.-** Derecho de tránsito.

**Altimetría.-** Conjunto de operaciones para medir y representar las cosas de un terreno.

**Planimetría.-** Representación y medida sobre un plano de una porción de la superficie terrestre.

**Restitución digitalizada.-** Es la vectorización de la información captada mediante la digitalización sobre la foto precisa generada.

**Topografía.-** Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.

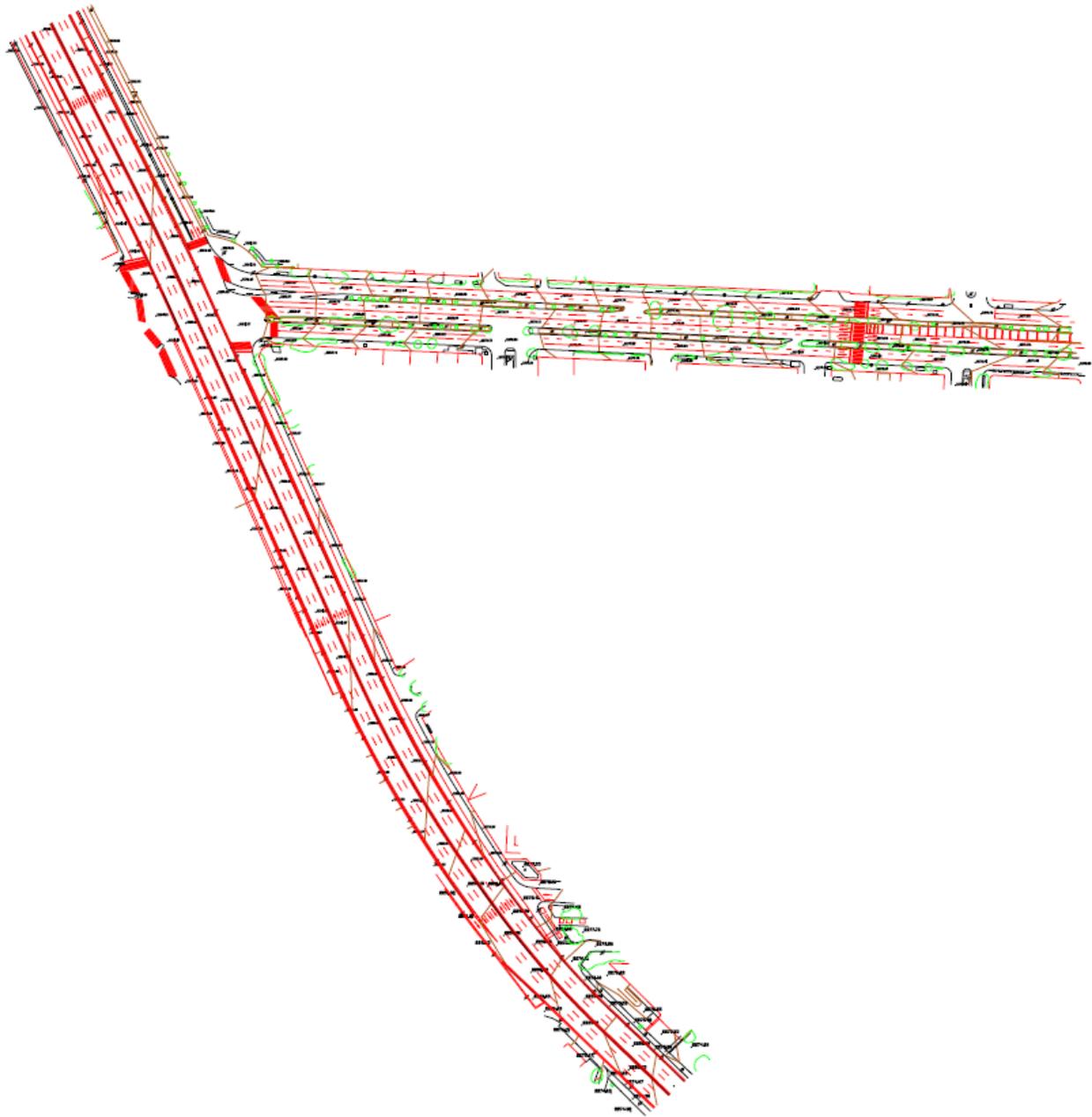
**Topología.-** Rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma.

**Vuelo Fotogramétrico.-** Es el sobrevolar la zona a altura y velocidad constante, describiendo una serie de trayectorias (pasadas), paralelas entre sí, mediante su control de deriva. Dentro de una pasada, la cámara irá tomando exposiciones de terreno con cadencia tal, que la distancia entre dos puntos principales consecutivos, nos asegure un solape o recubrimiento longitudinal prefijado entre fotogramas adyacentes.

# **ANEXO A**



# **ANEXO B**



# **ANEXO C**

