



CAPITULO 4 – EL IMPACTO ARQUEOLÓGICO POR LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Las grandes obras, generalmente relacionadas con proyectos de inversión de envergadura, generan impactos arqueológicos diferenciales producto de sus características de diseño, limitantes constructivos, obras secundarias asociadas, tipos de maquinarias utilizadas, movimientos de suelo realizados (m^3), características de la instalación y/o construcción de sus elementos portantes, entre otras. En este capítulo se analizará el impacto arqueológico producido por la construcción de grandes obras de infraestructura, como ser tendidos eléctricos y *pipeline* (obras de ductos), considerando también sus obras asociadas como caminos de acceso, campamentos temporarios, canteras de explotación de áridos, obradores, obras civiles, entre otros. A los efectos de ilustrar, se utilizará información proveniente de obras realizadas en la Argentina.

El objetivo general que se persigue es identificar las acciones generadas y definir sus efectos en los bienes arqueológicos potencialmente existentes dentro de las áreas de afectación de los proyectos en ejecución.

4.1. El impacto arqueológico de la Línea de Alta Tensión (L.A.T.)

Los proyectos de inversión minera de envergadura necesitan para su funcionamiento un abastecimiento eléctrico de gran potencia para abastecer sus requisitos energéticos, requiriendo la construcción de líneas eléctricas de alta tensión (L.A.T.)⁵⁵. Estas se diferencian de las de baja⁵⁶ y de media⁵⁷ por los Kilo Volts (KV) que transportan, que a su vez condicionan la fundación e instalación de columnas de diferentes diseño, porte y estructura, que a su vez soportarán el tendido de cables de diferentes grosores y peso.

⁵⁵ Las líneas de alta tensión son generalmente de 132 KV, 220 KV o 500 KV (extra alta tensión)

⁵⁶ Las Líneas de baja tensión son las domiciliarias.

⁵⁷ Las líneas de media tensión transportan entre 13 a 33 KV



Los tendidos eléctricos se caracterizan por presentar trazas lineales de larga extensión, ya que deben trasladar la energía desde una estación y/o subestación existente y transportarla al destino programado.

La traza atraviesa diferentes unidades ambientales a lo largo de su recorrido, caracterizadas por relieves, topografía y fitogeografía singulares. El trazado lineal resulta de una combinación de afectación de espacio terrestre (fundación e instalación de las columnas) y de espacio aéreo (tendido del cableado).

Durante su construcción requieren de otra infraestructura soporte, específicamente la construcción de caminos de acceso que permiten comunicar el trazado de la línea con rutas y/o caminos preexistentes. Por estos caminos se transportan los materiales, el personal, las maquinarias, los equipos y todo aquello necesario para realizar la fundación e instalación de las columnas y tender el cableado. El impacto ambiental de dichos acceso no es despreciable, especialmente cuando los trazados se proyectan alejados de rutas y/o caminos preexistentes –ver más adelante.

Con base en lo expuesto, puede afirmarse que el trazado del tendido eléctrico y sus caminos de acceso asociados son obras lineales abiertas que afectan franjas de distintas unidades ambientales por extensiones considerables, tanto a nivel terrestre como aéreo. A continuación se analizarán las características técnicas de estas obras para conocer el impacto sobre los bienes arqueológicos.

4.1.1. Propiedades técnicas de la Línea de Alta Tensión (L.A.T.)

El trazado de los tendidos eléctricos se desplaza dentro de un *área de servidumbre*⁵⁸ o de *derecho de paso*. El ancho del área mencionada oscila entre los 20 a 35 metros, dependiendo de las características ecotopográficas de las unidades ambientales que atraviesa el tendido a lo largo de su recorrido.

⁵⁸ La servidumbre o derecho de paso consiste en el permiso que los propietarios de las tierras ceden a la empresa, previo resarcimiento económico, para usos especiales, en este caso la construcción del tendido eléctrico.



A modo de ejemplo, la L.A.T. de 220 KV construida por Minera Alumbra se desplaza por diferentes unidades ambientales de los territorios de las provincias de Catamarca y Tucumán –ver Foto 4.1- y su trazado definió un área de servidumbre, promedio, de 28 metros de ancho a lo largo de sus 220 km de extensión, habiéndose instalado 530 columnas (torres) de diferentes diseños y especificaciones técnicas, interconectadas por un cableado aéreo –ver Foto 4.2.

La distancia entre torres no es azarosa ni fija, ya que depende de las características técnicas del tipo de columna fundada pero en general se encuentran separadas por una distancia que oscila entre los 350 a 400 metros unas de otras. Las columnas presentan diseños particulares, dependiendo su elección de factores exclusivamente de orden técnico, relacionados con el tipo de sustrato, la pendiente del terreno, la topografía del área, los puntos de inflexión del trazado lineal, la función que cumplen dentro del trazado general de la línea, entre otros.

Dentro del trazado del tendido eléctrico de Minera Alumbra, se fundaron siete tipos de torres, conocidas con las siglas AG, CG, DG, JG, J1, A1, CGG y JGS. Sus diseños diferentes están asociados con procedimientos distintivos para llevar a cabo la fundación y su posterior instalación –ver Fotos 4.3, 4.4 y 4.5.

El análisis de las propiedades técnicas permite modelar en forma teórica:

- a) el movimiento de suelo a realizarse por las excavaciones para su fundación (m^3) y
- b) el área superficial a ser afectada durante su instalación (m^2) – ver Foto 4.6.

Esta información técnica permite definir algunos de los *parámetros de obra* del tendido eléctrico, existiendo otros como ser su trazado lineal con puntos de inflexión en ángulo, la distancia a caseríos o lugares habitados, entre otros. Con estos datos es posible modelar el impacto arqueológico, tanto superficial como subsuperficial, que se convierte en información de base indispensable para diseñar las estrategias de intervención arqueológicas a llevarse a cabo para preservar los potenciales bienes arqueológicos existentes dentro del trazado eléctrico.



Foto 4.2. Vista del trazado lineal del tendido eléctrico de alta tensión

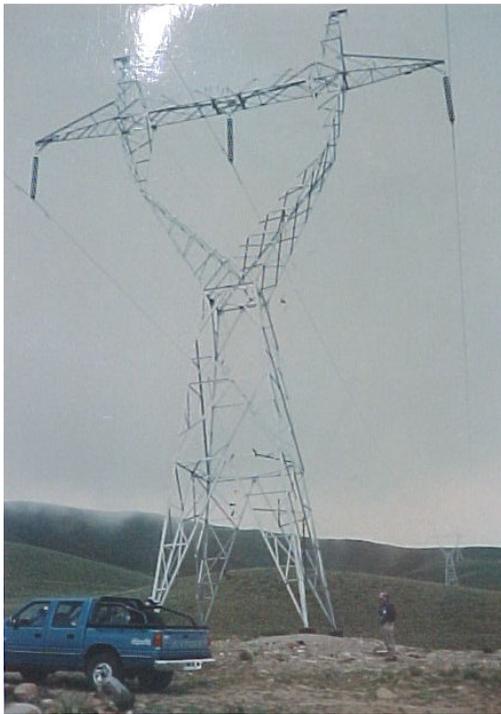


Foto 4.3 – Columna tipo AG



Foto 4.4 – Columna CGG



Foto 4.5 –columna tipo JGS



Foto 4.6 - Vista área de afectación superficial alrededor de la columna

En la Tabla 4.1. se presentan las características técnicas de las columnas (torres) de la L.A.T., consignando: (a) tipo y clase de torre, (b) diseño para su fundación, (c) largo y ancho de la base, grilla y/o anclaje, (d) superficie de la base, grilla y/o anclaje, (e) profundidad requerida para la fundación y (f) volumen de sedimento removido.

A partir de los datos técnicos de cada columna es posible estimar el impacto *mínimo teórico* volumétrico (subsuperficial) y areal (superficial) producido



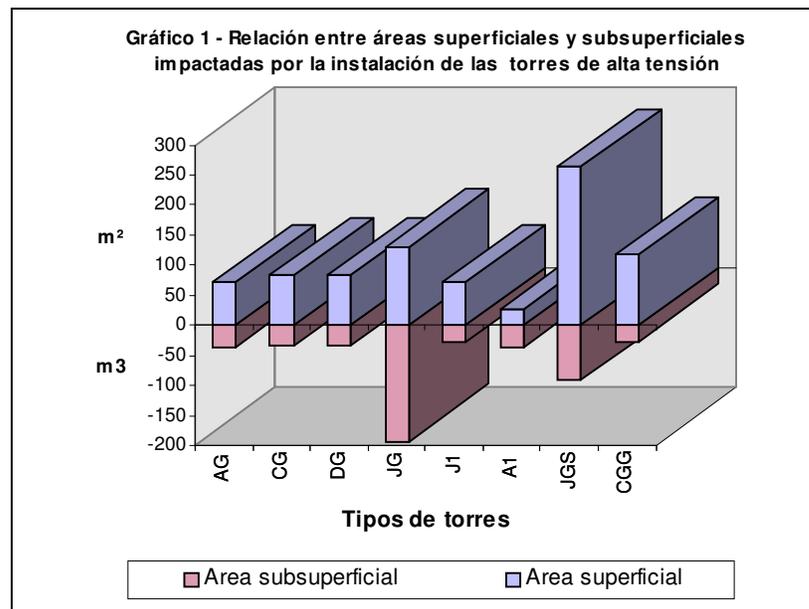
por sus fundaciones e instalaciones, respectivamente. Los resultados obtenidos se presentan en forma visual en el Gráfico 1 (cf. Ratto 1997d y f).

Tabla 4.1 – Cálculo teórico de áreas de afectación superficial (m²) y subsuperficial (m³) por tipo de columna en función de sus características técnicas

Tipo	Clase de columna (torre)	Diseño de la fundación			Características técnicas de cada fundación por tipo de columna					Estimación del impacto MINIMO TEORICO por columna	
		Tipo de fundación	Cant por torre	Distanc. entre ejes (m)	largo (m)	ancho (m)	superf (m ²)	Profund. (m)	remoción (m ³)	sub-superficial m ³ (*)	Superficial m ² (*)
AG	Rígida	base	4	6,60	1,80	1,80	3,24	2,50	8,10	33	71
CG	Rígida	base	4	7,50	1,60	1,60	2,56	3,10	7,93	32	83
DG	Rígida	base	4	7,50	1,60	1,60	2,56	3,10	7,93	32	83
JG	Rígida	base	4	8,00	3,40	3,40	11,56	3,80	43,92	173	130
J1	Rígida	base trapezoidal	4	5,00	3,50	5-1.5	13,12	0,50	6,56	26	72
		pilotes	8		0,30	0,30	0,09	8,50	0,76		
A1	Rígida	base	4	3,30	1,90	1,90	3,61	2,50	9,02	32	27
JGS	Grilla triple	grilla	3	22	2,36	2,31	5,45	1,50	8,17	83	263
		anclaje	12	(8,00)	2,80	0,60	1,68	2,50	4,20		
		triangulo	12	---	---	---	---	---	0,73		
CGG	Grilla simple	grilla	1	---	1,75	1,90	3,32	1,50	4,98	24	117
		anclaje	4	(8,00)	2,80	0,60	1,68	2,50	4,20		
		triangulo	4	---	---	---	---	---	0,73		

Referencias:

(*) = El impacto mínimo teórico se refiere a que no se considera otros agentes que pueden incidir para que el área afectada sea mayor, como ser maquinarias, acopios de materiales, circulación de hombres y equipo, entre otras. Por lo tanto, es conveniente que sobre los datos teóricos calcular un *plus* porcentual, a los efectos de obtener datos cuantitativos corregidos por la presencia de otros agentes que inciden durante la etapa constructiva –ver más adelante.





Los valores obtenidos y reflejados en la Tabla 4.1 indican claramente que el impacto producido por cada tipo de torre de alta tensión es diferencial, tanto por la alteración producida en la superficie como por los movimientos de suelo requeridos para su fundación. Además, en terrenos con pendiente acentuada es posible que se requiera de movimientos de suelos para la nivelación del área de instalación de la columna. Con base en lo expuesto, se considera relevante que las diferencias técnicas y de diseño presentadas deben estar representadas en la metodología y técnica implementada durante la intervención arqueológica para registrar y documentar la evidencia material superficial y subsuperficial.

Por otra parte, la construcción de la L.A.T. provoca un impacto que no se restringe únicamente a la fundación de las bases, grillas y/o anclajes y su posterior instalación, sino también debe ser considerado el espacio terrestre intertorres –ver Foto 4.2. Este surge de proyectar el espacio aéreo del cableado instalado entre torres a la superficie del terreno.

En otras palabras, la superficie definida como servidumbre o derecho de paso debe ser sometida a relevamiento exhaustivo, independientemente que la afectación por movimientos de suelo para la fundación e instalación de las columnas se realice cada 350 o 400 metros. Esto se fundamenta por el impacto generado por la construcción de los caminos de acceso soportes del tendido eléctrico, como así también por la circulación de personas y/o equipos durante las tareas de mantenimiento del tendido eléctrico –ver más adelante.

4.1.2 Los caminos de acceso del tendido eléctrico

Estos caminos constituyen un soporte dentro de la infraestructura del tendido eléctrico, ya que permiten acceder a la traza permitiendo la circulación de maquinarias pesadas, vehículos de mantenimiento y aprovisionamiento de insumos, camiones para transporte de materiales y camionetas todo terreno, entre otros. En general pueden ser de dos tipos:

- a) Aquellos que comunican rutas existentes con el trazado del tendido eléctrico, por lo tanto afectan un área que excede al área de servidumbre o paso –ver Fotos 4.2. y 4.7- y



- b) Otros, y/o sectores de los del primer tipo, que comunican entre sí a las columnas, por lo tanto se desplazan dentro de la franja de servidumbre o de paso.



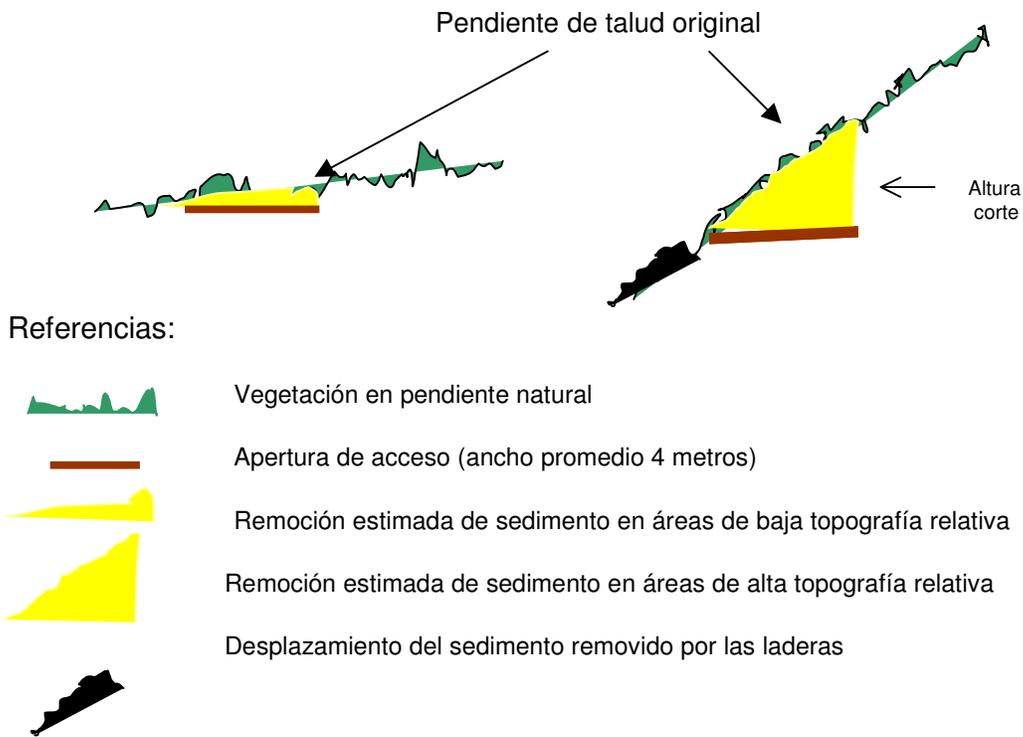
Foto 4.7 – Vista de acceso por zona de alta topografía relativa para acceder al tendido eléctrico que se desplaza por el sector alto.

Estos accesos tienen un ancho que oscila alrededor de los 4 metros y la pendiente máxima admitida es de 15° , ya que con superiores no se hace transitable para vehículos pesados. Su extensión varía considerablemente de acuerdo a las zonas donde se encuentre radicado el proyecto, ya que cuanto más alejada o inhóspita sea el área del trazado mayor será la distancia que se tendrá que conectar por medio del acceso. La alternativa es la utilización de helicóptero para el transporte de materiales, equipos y personas.

En terrenos llanos es posible lograr un diseño lineal con bajo movimiento de suelo, ya que se abre una huella con fines específicos durante la etapa



constructiva. Pero cuando las zonas presentan alta topografía relativa, los trazados se complican porque (a) para abrir la huella se necesita realizar mayores movimientos de suelo –ver Croquis 4.1-, (b) los sedimentos removidos se desplazan por las laderas, pudiendo afectar indirectamente evidencia arqueológica existente fuera del área de afectación directa provocando su alteración, destrucción o enterramiento –ver Foto 4.8- y (c) los diseños no son lineales sino con forma de *ziz-zag*, a los efectos de no superar la pendiente máxima admitida.



Croquis 4.1 – Movimientos de suelo en función de la topografía de acceso



Foto 4.8 – Vista de acceso en área de alta topografía relativa

4.1.3 El impacto arqueológico del tendido eléctrico de alta tensión y obras soporte: definición del área de relevamiento arqueológico

En resumen, la construcción de la L.A.T. produce impactos diferenciales en los bienes culturales existentes dentro de la franja de servidumbre, según se trate de la fundación e instalación de las columnas (torres), del espacio bajo cableado intercolumnas o de la construcción de caminos de accesos. Sin embargo, las afectaciones son diferenciales, ya que la fundación, instalación y los accesos conllevan necesariamente movimientos de suelo y/o alteración de la superficie, mientras que el espacio bajo cableado puede generar tanto impacto directo (construcción de huella) como indirecto (riesgo de vandalismo) –ver más adelante. A saber:

- a) *Fundación de las bases de la columna:* Se realizan actividades de excavación y/o remoción de suelo mediante medios manuales, mecánicos y/o explosivos -voladuras-, según las características del sustrato. La profundidad de las excavaciones varía según las características técnicas de diseño de la columna a instalarse –ver Tabla 4.1. Por lo tanto, su impacto es superficial y subsuperficial, variando entre *mínimos teóricos*



que oscilan desde 26 a 173 m³, según el tipo de columna, realizándose excavaciones de aproximadamente 3 metros de profundidad. Estos valores pueden ser superados durante la ejecución de las tareas constructivas, ya que se pueden producir derrumbes y/o excavaciones de mayor tamaño con el consiguiente aumento del rango expresado.

- b) *Instalación de la columna*: Se refiere a la superficie ocupada por el montaje de la columna. Por lo tanto, su impacto es superficial, calculándose un *mínimo teórico* que oscila desde 27 a 263 m², según el tipo de columna. Sin embargo, estos valores pueden ser superados si se considera el área inmediatamente periférica a la columna, alterada por (i) la circulación del personal de obra, (ii) maquinarias para su montaje, (iii) estacionamiento de vehículos, (iv) acopio de materiales durante la etapa constructiva y (v) depósito de escombros y sedimentos removidos, especialmente cuando las columnas se instalan en áreas con pendiente, ya que primero deben ser niveladas y (vi) por la conexión con los accesos. Al respecto, las observaciones realizadas en relevamientos conforme a obra indican que las áreas afectadas por la instalación presentan forma circular con diámetros variables según el tipo de columna. A modo de ejemplo, estas diferencias se presentan en la Tabla 4.2.
- c) *Espacio bajo cableado intercolumnas*: Es un área potencialmente destinada para la circulación y comunicación entre torres, separadas entre sí por una distancia que oscila entre los 350 a 400 metros. El área puede estar sujeta a (i) remoción por la apertura de huelas intercomunicadoras o (ii) alteración, principalmente durante el mantenimiento, por el riesgo de vandalismo y/o recolecciones casuales de material arqueológico. Además, aunque puedan mitigarse esas acciones siempre, la cuestión radica en que los bienes arqueológicos permanecerán localizados debajo del tendido eléctrico. Esto significa que gran parte del desarrollo regional pretérito queda vedado para su estudio científico, dado que por el tendido eléctrico circula energía de gran potencia que puede poner en riesgo la vida humana más por accidentes eventuales que por daños a la salud (cf. Parker 1996).



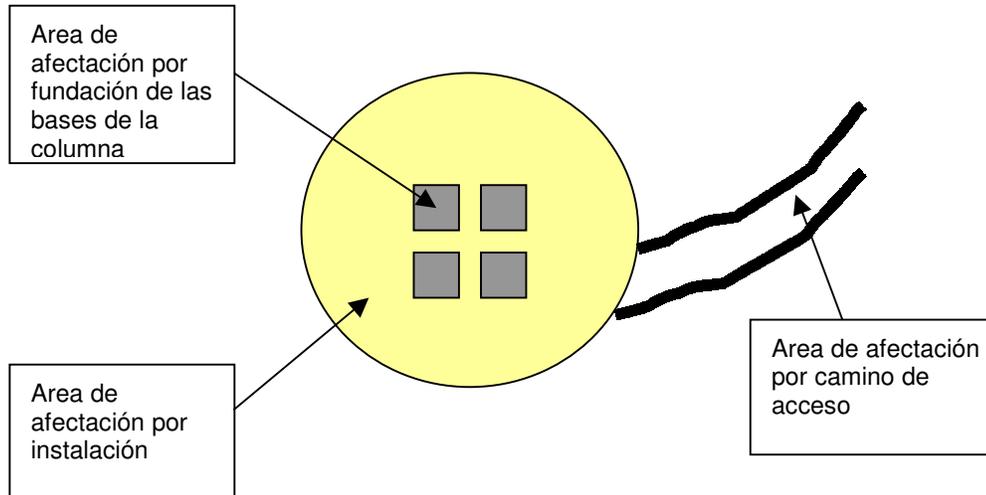
Tabla 4.2. Area impactada por la instalación de columnas de alta tensión		
Tipo de columna	Cálculo teórica (por diseño)	Observación en terreno (conforme a obra)
AG	71 m ² equivale a un diámetro de 10 metros	700 m ² equivale a un diámetro de 30 metros
CG	83 m ² equivale a un diámetro de 11 metros	700 m ² equivale a un diámetro de 30 metros
DG	83 m ² equivale a un diámetro de 11 metros	700 m ² equivale a un diámetro de 30 metros
JG	130 m ² equivale a un diámetro de 14 metros	1256 m ² equivale a un diámetro de 40 metros
J1	72 m ² equivale a un diámetro de 10 metros	700 m ² equivale a un diámetro de 30 metros
A1	27 m ² equivale a un diámetro de 6 metros	200 m ² equivale a un diámetro de 10 metros
JGS	263 m ² equivale a un diámetro de 20 metros	1900 m ² equivale a un diámetro de 50 metros (por anclajes)
CGG	117 m ² equivale a un diámetro de 13 metros	1900 m ² equivale a un diámetro de 50 metros (por anclajes)

d) *Construcción de caminos de acceso:* Se realizan actividades de remoción de suelo para construir la traza del camino y obligan al periódico trabajo con maquinaria pesada para su mantenimiento, debido a derrumbes, crecidas de ríos, entre otros. Además, en las áreas de alta topografía relativa pueden afectar evidencia localizada fuera de sus trazas, debido al desplazamiento de los sedimentos removidos por las laderas. Por lo tanto, su impacto es tanto superficial como subsuperficial.

Estos diferentes procesos y características constructivas de la L.A.T. se visualizan en el Croquis 4.2. Los impactos diferenciales generados deben ser



considerados en (a) el diseño de la estrategia de relevamiento a implementarse en el campo, como así también (b) para generar medidas mitigadoras con el objeto de preservar y/o conservar los bienes arqueológicos localizados dentro de las áreas de afectación de la obra}

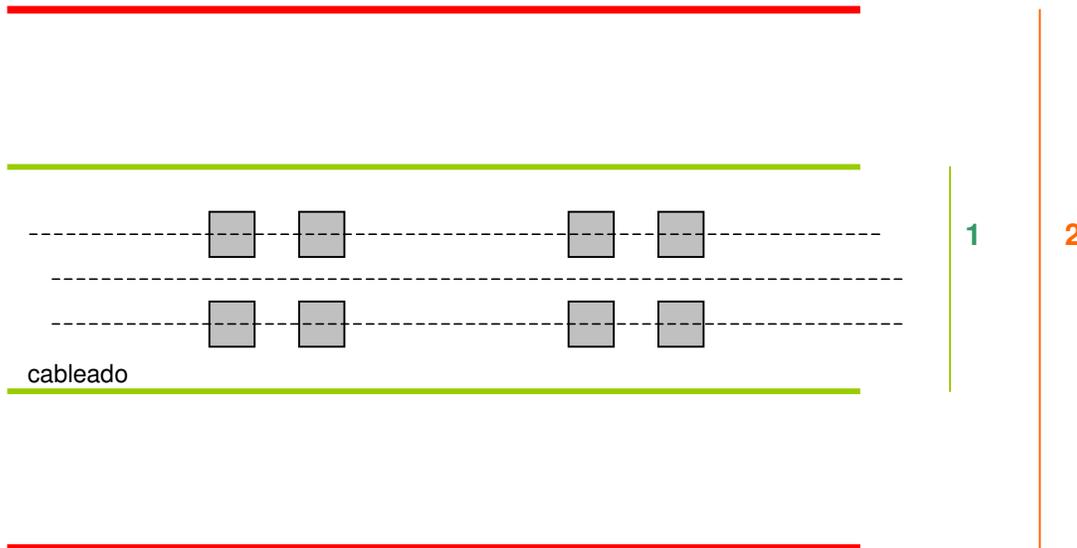


. Croquis 4.2 - Esquema en planta de las áreas de afectación del tendido eléctrico

Por último, para que los trabajos de evaluación de impacto cumplan realmente su función preventiva, también debe ser considerado el *divorcio* existente entre diseño de proyecto y su construcción. Esto se refiere concretamente a que durante la etapa constructiva pueden excederse las especificaciones técnicas dadas por diseño. Concretamente, el ancho de un camino, la profundidad de una excavación, la alteración superficial de un área, entre otros, pueden tener valores dados por el diseño de la obra, pero cuando las acciones se ejecutan normalmente se superan esos *valores*. Por lo tanto, es atinado definir como *área de relevamiento arqueológica* una superficie que en forma lineal respete la traza del proyecto, pero que su ancho sea considerablemente mayor que la franja de servidumbre o de derecho de paso. En general, duplicar o triplicar el ancho de la franja de servidumbre se considera



aceptable, de acuerdo con los resultados obtenidos en la realización de relevamientos conforme a obra de tendidos eléctricos (cf. Ratto 1997d y 1999d). En el Croquis 4.3 se grafica lo expresado, tomando como ejemplo el caso de las torres rígidas (4 bases).



Croquis 4.3 – Esquema en planta de la fundación de columnas –rígidas-, el tendido eléctrico, la franja de servidumbre o de derecho de paso (1) y el área de relevamiento arqueológico a ser considerada durante los estudios de evaluación de impacto arqueológico (2)

De esta forma se garantiza el registro y documentación de la evidencia arqueológica y su contextualización respecto del tendido de la línea eléctrica, generando una base empírica de los bienes arqueológicos existentes dentro del área de servidumbre como de la inmediatamente adyacente. Para ello, debe implementarse una metodología de trabajo que permanentemente logre retroalimentar la información primaria y secundaria de las áreas a ser afectadas, a los efectos de adoptar medidas racionales para evitar, mitigar o corregir el impacto sobre los bienes arqueológicos -ver más adelante.



4.2. El impacto arqueológico por las obras tipo *pipeline* (ductos)

: Los proyectos mineros deben encontrar una respuesta por diseño al problema del transporte del material desde la mina, lugar de extracción, hasta el lugar de procesamiento para su posterior comercialización. Algunas veces el transporte del material en crudo se realiza por medio de ferrocarril, en otros casos se construyen obras especiales que transportan el material sólido diluido en agua (concentrado) hasta el punto de procesamiento. Estas obras se llaman genéricamente de tipo *pipeline*, adquiriendo nombres específicos como oleoducto, gasoducto o mineroducto en función del material transportado, de punto a punto, por la cañería. La obra se diseña sobre una traza que puede alcanzar los cientos de kilómetros, atravesando diferentes unidades ambientales y además puede tener alcance interprovincial. Es un caso similar a los trazados de los tendidos eléctricos, pero con algunas diferencias que se comentarán a continuación.

4.2.1 Características constructivas del *pipeline*

Toda obra de *pipeline* requiere de (a) la construcción de una pista soporte dentro de la que se realizan todas las actividades propias de la obra⁵⁹, (b) la excavación de una zanja donde se instala la cañería, (c) la construcción de obras civiles para controlar y regular la presión del hidrocarburo (petróleo o gas) y/o del sólido que transportan diluido en un fluido (agua) y (d) la modificación de espacios con fines específicos que hacen a la logística de la obra (campamentos temporarios, acopio de materiales, explotación de canteras para obtención de materiales finos y gruesos, entre otras). Por lo tanto, las acciones generadas producen un impacto tanto dentro de la traza de la obra como de otras ajenas.

4.2.1.1. Afectación por *apertura de la pista*

La apertura de la pista presenta características similares a la construcción de los accesos –ver más atrás-, ya que su apertura es lineal, con pendiente

⁵⁹ Una vez que finaliza la construcción de la pistas las etapas siguientes son: excavación de la de zanja, desfile de caños, soldaduras de caños, bajada de caños y tapada de zanja. Además por la pista circulan los vehículos, maquinarias y equipos para suministro de insumos y mantenimiento de máquinas.



máxima de 18^º pero su ancho es mayor, oscilando entre los 10 a 15 metros. El rango mencionado no es azaroso, sino que está determinado en función del espacio necesario para desarrollar todas las actividades propias de la obra –ver nota 55 y Foto 4.9 y 4.10. El rango mínimo se aplica generalmente en aquellas unidades ambientales que requieren la adopción de medidas mitigadoras de impacto para minimizar el efecto negativo en algún aspecto (diversidad biológica, conservación de especies, bienes culturales próximos, entre otros).

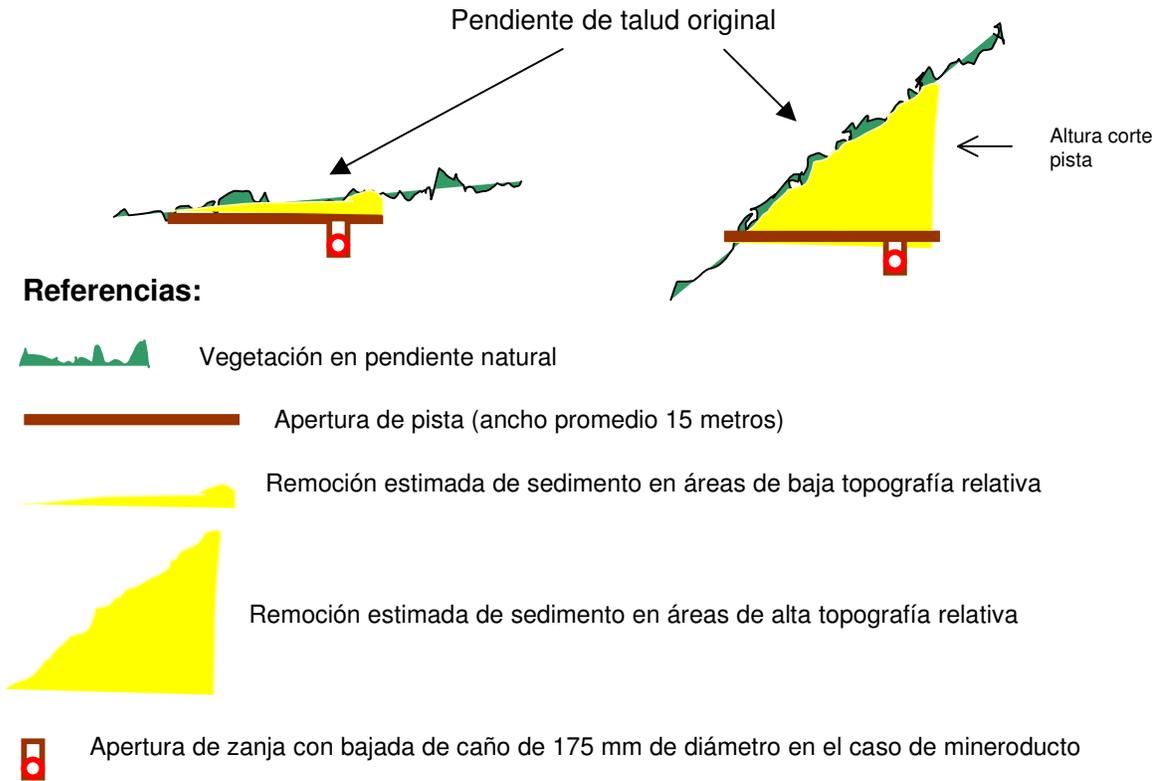
El largo de la pista lo determina la extensión de la traza del *pipeline*, conllevando la generación de un área de *servidumbre o de paso* –ver nota 58. En general no requieren de la construcción de caminos de acceso, dado que la misma pista es un trazado lineal apto para la circulación de maquinarias y vehículos, además de realizarse las tareas propias de la construcción del *pipeline*. La excepción a lo expuesto es cuando se abren varios frentes de trabajo y la pista no está comunicada linealmente. En esos casos, puede requerirse la construcción de accesos a la pista, constituyéndose en una medida mitigadora la circulación por los cauces de los ríos, nivelados previamente con maquinaria pesada, cuando aquellos lo permiten. En otros casos pueden utilizarse caminos existentes que empalmen con la traza de la pista.

La apertura de la pista conlleva trabajos de movimiento de suelo, que serán directamente proporcionales a la topografía del área que atraviesan –ver Croquis 4.4. En las zonas llanas se remueve la vegetación existente dentro de la franja de servidumbre y se realiza un movimiento de suelo que no excede los 0,20 metros de profundidad. En cambio, en las zonas con alta topografía relativa, los movimientos de suelo son mayores, provocando el desplazamiento de sedimento y/o rocas por las laderas -ver Foto 4.11- y la generación de cortes de pista de gran altura -ver Fotos 4.12 y 4.13.

Cabe destacar que un efecto colateral de estos grandes movimientos de suelo es la generación de polvo en suspensión y la disminución de la visibilidad normal, agravándose en las zonas ventosas. Generalmente, la visibilidad está muy reducida en el lugar donde las máquinas trabajan alterando la superficie del terreno. Este aspecto es crucial en el momento de generar las recomendaciones



arqueológicas para mitigar el impacto durante la ejecución de esta etapa –ver más adelante.



Croquis 4.4 – Esquema de corte transversal de apertura de pista y zanja



Foto 4.9 (izq.)- Vista de apertura de pista en área de alta topografía.



Foto 4.10 (der.). Vista de pista y actividades



Foto 4.11 – Vista de desplazamiento de sedimentos y rocas por la ladera del cerro producto de la apertura de pista en el sector alto. Observar la afectación del puesto localizado en la base del cerro, tanto por sedimentos como piedras.



Foto 4.12 – Vista de apertura de pista en áreas de alta topografía



Foto 4.13
Vista en detalle
de corte por
apertura de
pista.

4.2.1.2. Afectación por apertura de zanja

: Dentro del área de la pista, se excava una zanja a todo lo largo de la traza del pipeline, cuyo ancho variará en función de la sección del caño que se instala –ver Croquis 4.4, Fotos 4.12 y 4.13. Al respecto, los que transportan sólido diluido en agua, por ejemplo concentrado de mineral –ver Capítulo 5-, son los que presentan menor sección con relación a los de hidrocarburos. En general, la zanja presenta un ancho que varía entre 1,00 a 1,50 metros por 1,5 metros de profundidad, aproximadamente –ver Foto 4.14. La excepción son los cruces de ríos donde la profundidad es mucho mayor, oscilando entre 3,00 a 6 metros, dependiendo de la dinámica del río, ya que el caño debe ser colocado como mínimo debajo de la primera *coraza* del río. Esta zanja puede compararse con una trinchera, dentro de la que se colocan los caños, se sueldan y luego se vuelve a tapar con el mismo sedimento removido, siempre y cuando presente granulometría fina. De lo contrario deben explotarse canteras especiales con este



tipo de material, ajenas a la franja de servidumbre, para el relleno de la zanja⁶⁰. Cabe destacar que un efecto colateral de estos grandes movimientos de suelo es también la generación de polvo en suspensión y la disminución de la visibilidad normal –ver más adelante.



Foto 4.12 – Vista de pista (15 m), zanja (1 m) y sedimentos removidos por excavación



Foto 4.14 – Detalle de excavación de zanja con retroexcavadora (área de baja topografía relativa)



Foto 4.13 – Vista de pista, zanja y *desfile de caños*

⁶⁰ Uno de los parámetros de las obras de *pipeline* es que el caño no debe estar en contacto con rocas ni material de granulometría gruesa por razones estrictas de seguridad.



4.2.1.3. Afectación por construcción de obras civiles

Con este nombre genérico se designa a las obras permanentes que se realizan en lugares puntuales de la traza del *pipeline*. Las estaciones de bombeo y de válvulas son obras permanentes y vitales para el funcionamiento del proyecto. Su ubicación no es azarosa, ya que la topografía y la altitud de la traza del proyecto son determinantes para su localización, debido a que regulan y/o controlan la presión del material transportado de punto a punto. Estas obras ocupan y alteran superficies diferentes, mientras que los movimientos de suelo que requieren están en relación directa con el diseño de la obra –ver Fotos 4.15 4.16 y 4.17. En área de alta topografía relativa también provocan el desplazamiento de sedimentos por las laderas y generan polvo en suspensión – ver Foto 4.18.



Foto 4.15 – Vista de obra civil de dimensión reducida (menos de 1 ha)



Foto 4.17 – Vista aérea de obra civil de dimensión considerable (más de 2 ha)



Foto 4.16 – Vista de obra civil de dimensión media (entre 1 a 2 ha)



Foto 4.18 – Desplazamientos de suelo por ladera por nivelación y excavación para obra civil.



4.2.1.4. Afectación de espacios por uso temporario

La ejecución de la obra requiere de la utilización de espacios ajenos a la traza del ducto, relacionados con (i) la instalación de campamentos temporarios para el personal de obra –ver Foto 4.19-, (ii) el acopio de materiales utilizados durante la construcción del ducto –ver Foto 4.20, (iii) canteras que se explotan para la obtención de material fino que se utiliza en el relleno de la zanja, especialmente en aquellos sectores donde el sustrato modificado no presenta la granulometría adecuada para su tapado y (iv) canteras que se explotan para la construcción de obras civiles, si fuera necesario.

Estas obras pueden requerir tanto la modificación del área superficial como subsuperficial. Por ejemplo los lugares para acopio de materiales requieren la limpieza superficial de la vegetación existente en el lugar, pero las otras además provocan movimientos de suelos, puntuales en el espacio y de alcance diferencial. Así, los campamentos temporarios requieren de la construcción de *pozos ciegos* y de cisternas para almacenamiento de agua. Por lo tanto, la alteración mayor es superficial, mientras que la subsuperficial está restringida. En cambio, las canteras explotadas pueden adquirir dimensiones considerables, en algunos casos superan la hectárea, modificando el terreno superficial y subsuperficial en toda su extensión –ver Foto 4.21.



Foto 4.19 – Vista de área modificada para acopio de materiales.



Foto 4.20 – Vista de área modificada para instalación de campamento temporario



Foto 4.21 - Vista parcial de sector del paisaje utilizado como cantera para la extracción de material fino. Comparar con la vegetación natural.

4.2.2. El impacto arqueológico de las obras de *pipeline* y sus obras soporte: definición del área de relevamiento arqueológico

Las características de las obras de ducto y su infraestructura civil asociada generan un impacto sobre los bienes arqueológicos localizados dentro de área del trazado, como así también en otras periféricas, dado que conllevan alteraciones considerables, tanto por las limpiezas superficiales que requieren como por los movimientos de suelo subsuperficiales. Los trazados de los ductos también presentan limitaciones por diseño de obra, como ser (a) el cruce de los ríos debe realizarse en forma transversal a su curso, (b) no se admite su instalación en terraplenes ni en terrenos de relleno, (c) la traza admite la presencia de curvas, pero el ángulo máximo de curvado de un caño es de 22°, entre otras. Estos requerimientos más el aspecto técnico del diseño de la obra, a los que llamamos



en forma genérica *parámetros de obra*, deben ser parte del diseño metodológico para la intervención arqueológica.

De acuerdo con lo expresado, estas obras se agravan considerablemente en las áreas de alta topografía relativa, ya que no sólo afectan a los bienes localizados dentro del área de derecho de paso sino también a otros que se encuentran alejados del área de afectación directa, pero que pueden ser colmatados y/o deteriorados por los grandes volúmenes de sedimentos removidos al desplazarse por las laderas ante la acción gravitatoria. Por su parte, la apertura de la zanja constituye una trinchera lineal y continua que puede alcanzar los cientos de kilómetros. En ambos casos es fundamental comprender la dinámica geomorfológica de las áreas afectadas, a los efectos de predecir la relación de los bienes culturales con el ambiente natural que los contiene.

Las obras civiles del proyecto, como así también los lugares explotados temporalmente, constituyen obras cerradas, en el sentido que afectan un área concreta y limitada espacialmente. Los movimientos de suelo realizados dependerán del tipo de construcción pero en general pueden clasificarse como altos, debido a las nivelaciones del terreno, la fundación de cimientos, entre otros.

Por lo expuesto, comprender la dinámica de estas obras es imprescindible en el momento de diseñar las metodologías de relevamiento e intervención arqueológicas para prevenir, mitigar y/o corregir el impacto sobre los bienes arqueológicos, en función de los condicionamientos y limitantes de cada una de las obras asociadas. Al igual que en el caso de los tendidos eléctricos, las áreas de relevamiento arqueológico deben superar ampliamente en superficie el área de servidumbre o de derecho de paso. En áreas de baja topografía relativa se considera aceptable un ancho de 50 metros a lo largo de toda la traza del *pipeline*. Pero este debe ser superado ampliamente en los casos de apertura en áreas con pendientes acentuadas, dado el desplazamiento de los sedimentos y rocas removidos por las laderas.



4.3. El impacto arqueológico en los predios de minas

El predio de la mina es el lugar donde se llevan a cabo las actividades productivas de extracción de minerales. Las áreas de afectación están en relación directa con el tipo de explotación, la forma de procesamiento y de transporte y la envergadura del emprendimiento. En general, afectan cientos de hectáreas de una o distintas unidades ambientales implicadas –ver Foto 4.22. La alteración que produce es continua en el área, ya que modifican sensiblemente la topografía del lugar para la extracción a cielo abierto del mineral –ver Fotos 4.23 y 4.24-, como así también por la construcción de las instalaciones e infraestructura caminera que hacen posible esa explotación (concentrador, molinos de molienda, diques de cola, oficinas, depósitos, campamento para el personal, vías de circulación internas, entre otras - ver Foto 4.25).

Por lo tanto, el impacto sobre los bienes arqueológicos existentes dentro de sus límites es total, pudiendo ser mitigado tan sólo mediante la adopción de medidas correctivas (rescates arqueológicos), ya que las preventivas conllevarían el costo de inoperatividad del proyecto y/o la generación de otros impactos que pueden incidir negativamente sobre la salud de la población local.



Foto 4.22 – Vista aérea de la modificación de la unidad ambiental por una mina de explotación de caliza por Loma Negra (Dpto. El Alto, Catamarca)



Foto 4.23 – Vista del predio de la mina Bajo de la Alumbraera ante del comienzo de su etapa constructiva y de operación en abril de 1996 Foto extraída de Minera Alumbraera Ltd. (1997). Comparar con Foto 4.24 y 4.25

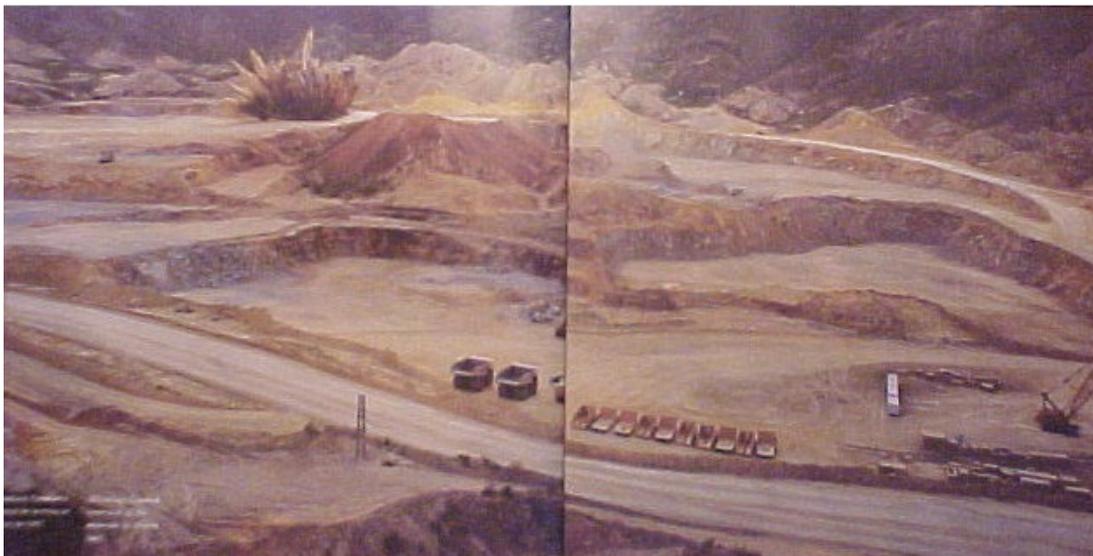


Foto 4.24 – Vista general de la mina Bajo de la Alumbraera en marzo de 1997 Etapa construcción. Foto extraída de Minera Alumbraera Ltd. (1997). Comparar con Foto 4.23

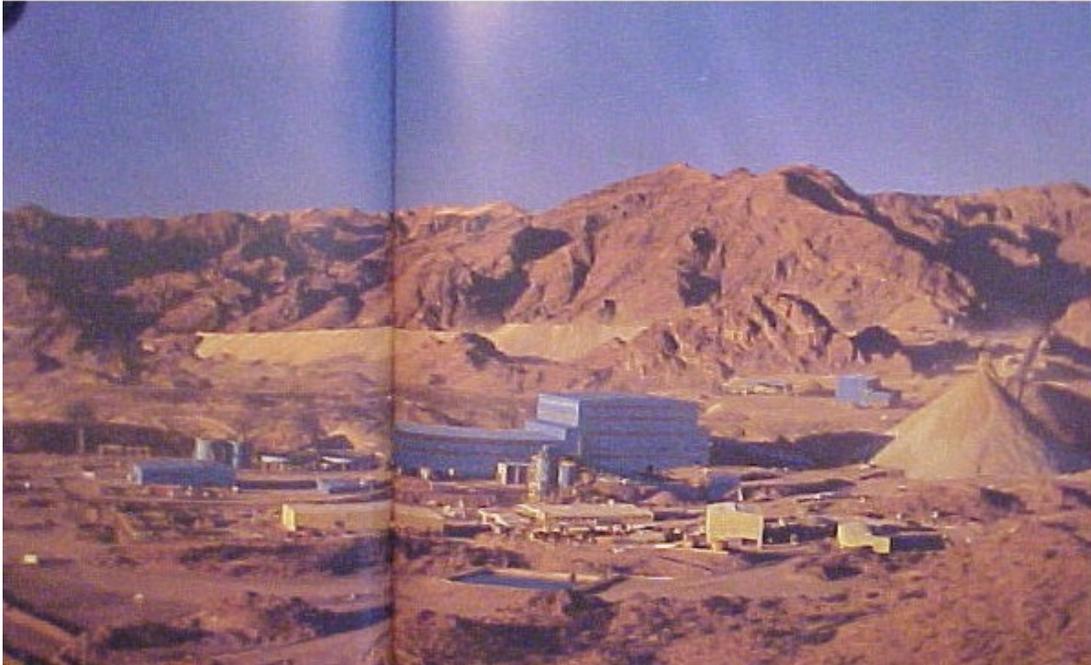


Foto 4.25 – Vista de las instalaciones principales de la mina Bajo de la Alumbrera en noviembre de 1997. Etapa operación. Foto extraída de Minera Alumbrera Ltd (1997).

Comparar con Foto 4.23

4.4. El impacto arqueológico por las obras de infraestructura: sus ventajas y desventajas dentro del ciclo del proyecto de inversión

El impacto producido por las grandes obras sobre los bienes arqueológicos puede ser evitado, mitigado y/o corregido a través del diseño de una metodología por etapas a implementarse durante las diferentes etapas del ciclo de un proyecto de inversión –ver Capítulo 3 y más adelante Capítulo 7. Para ello es fundamental comprender y aprehender la relevancia de las etapas factibilidad y diseño de proyecto para evitar y/o mitigar el impacto, mientras que en la etapa constructiva tan sólo puede corregirse, teniendo como agravante que no siempre pueden cumplirse con los estándares de la disciplina arqueológica⁶¹.

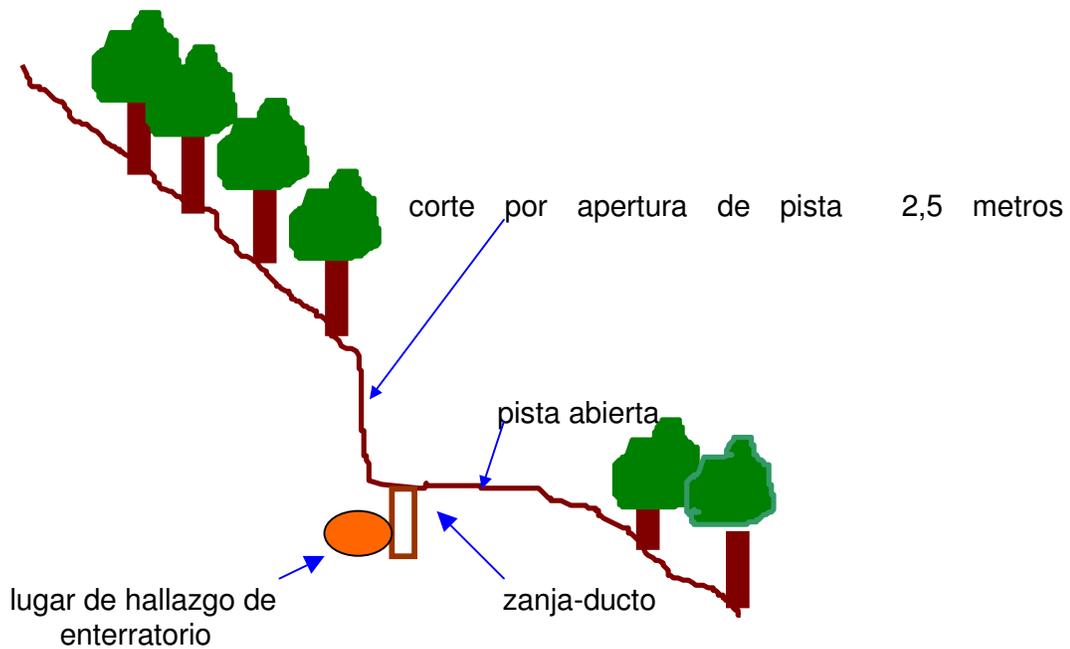
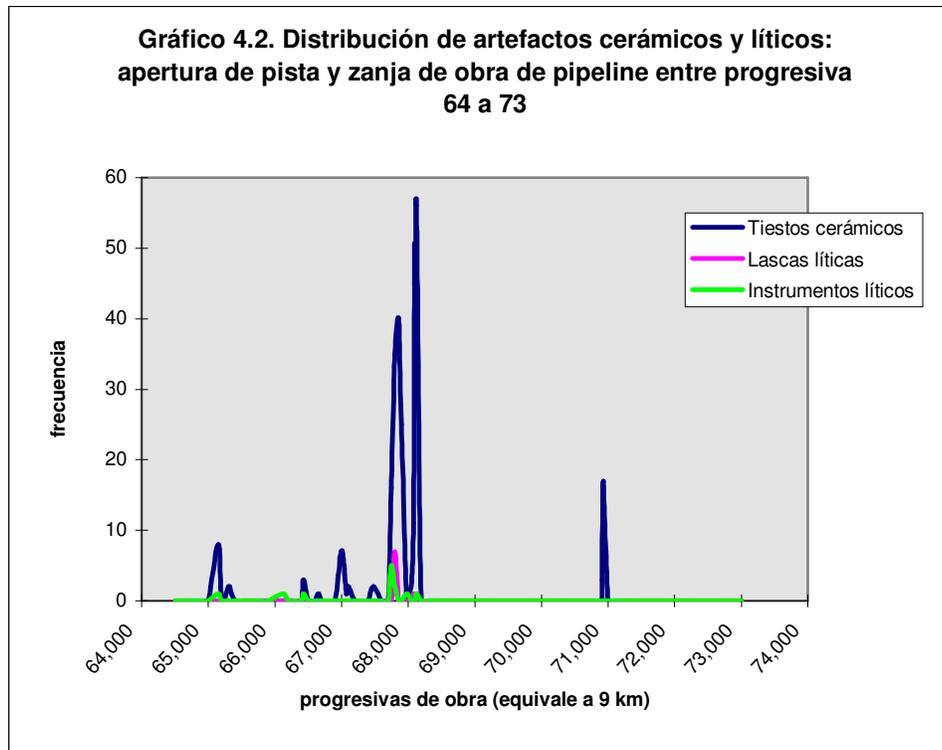
⁶¹ Me refiero específicamente a aquellos casos donde la evidencia fue descontextualizada por la acción constructiva, procediéndose a una recolección del material fuera de su contexto asociativo originario.



Cabe destacar que el proceso de una obra, desde su idea hasta finalizar su construcción, es un proceso dinámico que conlleva *idas y vueltas* a etapas previas, aunque el proyecto se encuentre en alguna fase avanzada. Por ejemplo, durante la etapa constructiva pueden existir variantes para algunos sectores de la obra que obligan a realizar los trabajos, para ese sector, desde la fase factibilidad. Por lo tanto, las etapas del ciclo de un proyecto de inversión constituyen recortes analíticos, debiéndose tener siempre presente la posible existencia de superposición de etapas durante el desarrollo del proyecto.

Estos aspectos deben estar presentes tanto en el diseño de la estrategia metodológica para la realización de los estudios para la evaluación de impacto arqueológico como en las recomendaciones que se generan como consecuencia de los mismos –ver Capítulo 7. Cabe destacar que estos dos aspectos retroalimentan, ya que las recomendaciones van a depender del tipo y calidad de información recuperada durante el relevamiento en terreno.

Sobre la base de un adecuado planteo metodológico puede afirmarse que la construcción de grandes obras genera nueva información a escala regional de suma utilidad para su inserción dentro de proyectos de investigación científica, tanto existentes como futuros a desarrollarse en el área de incidencia de las obras (cf. Criado B. 1993, 1996 a y b, 1999, Carballo *et al.* 1999, entre otros). Por ejemplo, el relevamiento arqueológico puede ser comparado con la realización de una transecta areal y lineal de cientos de kilómetros de extensión, donde pueden registrarse las propiedades del registro arqueológico (abundancia, distribución y composición) para modelar el perfil de la estructura del registro en función de diferentes cotas altitudinales, las unidades ambientales que atraviesa, los procesos geomorfológicos actuantes, entre otras. Además, esta información es de vital importancia para encarar con posterioridad relevamientos dirigidos dentro del marco de los proyectos de investigación científica –ver Gráfico 4.2. El gran volumen de movimiento de suelo generado favorece la recuperación de los llamados *hallazgos especiales*, como son los casos de enterratorios localizados en ambientes de difícil accesibilidad, con muy alta colmatación natural y espesa cobertura vegetal y sin ningún tipo de evidencia arqueológica superficial, pudiéndose presentar como agravante que el área no cuente con trabajos de investigación previos –ver Croquis 4.5. Las probabilidades de hallar este tipo de



Croquis 4.5 - Vista en perfil transversal del lugar de hallazgo de enterratorios en vasijas descubiertos durante las tareas de apertura de zanja dentro de la pista de un ducto a más de 3,5 metros de profundidad respecto al nivel de terreno natural



sitios, a través de prospecciones arqueológica en el marco de proyectos de investigación, es casi nula.

Por lo expuesto puede afirmarse que a través de los estudios para la evaluación de impacto arqueológico se genera valiosa información de base, que puede ser integrada a proyectos de investigación en ejecución y/o a realizarse en la región. Sin embargo, presenta una característica que los diferencia notablemente del proceso de investigación científica: *las áreas que no fueron relevadas previamente serán irremediablemente afectadas, conllevando la potencial pérdida total de la información.* Esto no sucede normalmente en el desarrollo de un proyecto de investigación científica, dado que las áreas no relevadas durante la ejecución de un trabajo en terreno podrán ser consideradas en la próxima campaña. Con las obras de infraestructura sucede exactamente lo contrario, ya que lo que no fue relevado, registrado y documentado, antes de la etapa constructiva, cuando esta se inicia aumentan las probabilidades de su afectación.

Por ejemplo, en el caso presentado en el Croquis 4.5 las obras pudieron detenerse pero posteriormente a la afectación del conjunto funerario. En estos casos la tarea arqueológica se complica, dado que es necesario abrir excavaciones en áreas laterales a la trinchera excavada. Esto insume tiempo que es justamente con lo que no cuenta una etapa constructiva en función del cumplimiento de sus metas productivas diarias. Además, una vez comenzada la etapa de operación, no se permiten realizar excavaciones en el lugar de instalación de la cañería por normas de seguridad. El resultado es que se generan conflictos de intereses entre las partes involucradas, pudiendo prevalecer las razones de *fuerza mayor* para limitar la intervención arqueológica. Por lo tanto, la recuperación de la información puede reducirse a una actividad de *recolección* de la evidencia afectada pero sin lograr su contextualización. Este constituye el mayor riesgo de las intervenciones arqueológicas durante la etapa constructiva para lograr el objetivo de la preservación del patrimonio arqueológico.

Otro problema consiste en la detección de la evidencia arqueológica subsuperficial durante la etapa constructiva, ya que los grandes volúmenes de



sedimentos removidos, sumado al polvo en suspensión que disminuye la visibilidad, la distancia en que se encuentran los operarios de las máquinas del nivel de terreno trabajado, entre otras, hacen que la detección por parte de ellos de la evidencia arqueológica subsuperficial este condicionada a diversos factores, entre ellos el tamaño del material arqueológico. Este aspecto tiene relevancia en el momento de realizar las recomendaciones que luego formarán parte del Plan de Gestión Arqueológico –ver Capítulo 7.

Con base en lo expuesto, puede afirmarse que la estrategia metodológica diseñada para el relevamiento arqueológico debe adecuarse a las características de cada una de las fases del ciclo del proyecto. Además, las características del impacto arqueológico⁶² conllevan la necesidad de realizar relevamientos en terreno aplicando escalas de detalle (1:1) –ver Capítulo 3 y más adelante Capítulo 7. En otras palabras, las técnicas de muestreo areales pueden emplearse en las primeras etapas, cuando la traza no está totalmente definida, pero una vez que se concreta el diseño de las diferentes trazas alternativas es necesario relevar la totalidad del área afectada, en función de los *parámetros de obra* y las características eco topográficas diferenciales de las zonas afectadas. Además, la metodología diseñada tiene que tener la versatilidad necesaria como para modelar la sensibilidad arqueológica subsuperficial, en función del registro superficial y las características geoarqueológicas de las áreas comprometidas por el proyecto, más la información de los cateos y/o sondeos realizados previamente, si las condiciones de visibilidad y geomorfológicas así lo requieren –ver más adelante Capítulo 7.

En resumen, previamente al comienzo de la etapa constructiva toda la superficie afectada por la obra debe contar con relevamientos arqueológicos en escala de detalle (1:1). La información de base generada es la que posibilita la generación de medidas de corte preventivo, mitigantes y/o correctivas. De lo contrario, las medidas correctivas de baja eficiencia científica, como ser los *rescates expeditivos*, prevalecen sobre las primeras. Esto ocasiona que los bienes patrimoniales pierdan su propiedad de tridimensionalidad (materia-

⁶² En el Capítulo 3 se expresó que el impacto arqueológico es de (a) signo negativo, (b) puntual, (c) permanente, (d) continuo y (e) irreversible



memoria-mercado –ver Capítulo 1), privando no sólo del conocimiento acerca de las formas organizacionales de las sociedades pasadas sino también que esos bienes se incorporen al aparato productivo de las comunidades locales en el marco de un desarrollo sustentable.

Una manera de diseñar las estrategias metodológicas para los estudios de evaluación de impacto arqueológico consiste en capitalizar los resultados obtenidos en la ejecución de grandes proyectos de envergadura. Por lo tanto, en los próximos capítulos se focalizará la atención en casos concretos de análisis, para luego en el Capítulo 7 presentar una Guía Metodológica de Procedimiento Arqueológico dentro del Ciclo de Proyectos de Inversión.