

MADRID, 15 DE OCTUBRE DE 1876.

TOMO XXIV.

NÚM. 20.

## SUMARIO.

Gran voladura verificada en el estrecho de Hell-Gate, cerca de Nueva-York, por D. Manuel Lopez Bayo.— Proyecto de reconstruccion del puente de Isabel II, en Bilbao, por D. Adolfo de Ibarreta.—Exposicion de Filadelfia, por D. Manuel Lopez Bayo.—Puerto de Barcelona. Memoria sobre el progreso y adelanto de las obras del puerto de Barcelona durante el año económico de 1875 á 1876 (continuacion).—Parte oficial.

## GRAN VOLADURA

## VERIFICADA EN EL ESTRECHO DE HELL-GATE

CERCA DE NUEVA-YORK (1).

(Lámina 45.)

El dia 24 de Setiembre ha tenido por fin lugar en las cercanías de New-York la enorme voladura del bajo de *Hallets-point* en el paso llamado de *Hell-Gate*.

La magnitud de las obras, las grandes ventajas que su realizacion ha de proporcionar á la navegacion y al comercio, la perfeccion de los sistemas empleados para llevarlo á cabo, el éxito brillante que ha coronado su ejecucion, todo ha contribuido á hacerlo notable y á colocar el nombre del Mayor General Newton, que la ha dirigido, entre los de los más distinguidos Ingenieros. Durante muchos dias ha estado ocupada la atencion pública en discutir las probabilidades del resultado. A pesar de la confianza que inspiraba la ciencia del general Newton, á pesar de las seguridades de buen éxito que daban tanto éste como los demas Ingenieros que le han ayudado en tan colosal empresa, la duda quedaba siempre aún en el ánimo de los más resueltos, al pensar en los monstruosos medios empleados para llevarla á efecto, y en la situacion del lugar donde debía realizarse, muy próximo al pueblo de Astoria y á pequeña distancia enfrente de la populosa ciudad de New-York. No faltaban tambien, hasta en los hombres de ciencia, quienes al examinar la naturaleza de las materias explosibles acumuladas por primera vez en cantidad tan enorme, dudáran de la exactitud de los cálculos hechos y temieran, si no la destruccion de

(1) En el artículo titulado *Voladura de rocas submarinas* que salió á luz en el número 3 de la Revista de este año, se dieron antecedentes de la obra objeto de este artículo.

la ciudad de New-York, como creia el vulgo, al ménos que hubiera una gran cantidad de fuerza perdida. El resultado obtenido ha demostrado el poco fundamento de estos temores, y ha venido á confirmar los pronósticos de los Ingenieros que han dirigido la obra, de la cual vamos á dar una ligera idea.

New-York se halla situada al pié de una espaciosa, abrigada y profunda bahía, y en una isla comprendida entre el caudaloso rio Hudson, el brazo de mar llamado East-River y una derivacion de aquél, llamado rio Harlem, que desemboca en el East-River. Las ventajas de su posicion, la seguridad que el comercio encuentra en su magnifico puerto y la facilidad que prestan á la navegacion sus rios y canales, han sido causa de su acrecentamiento y riqueza, que hacen hoy dia que New-York sea la primera ciudad comercial de los Estados-Unidos, miéntras que su posicion le asegura casi el monopolio del comercio con Europa, los estados del Norte y con el Canadá. El Hudson, navegable hasta el centro del Estado, se halla enlazado por el canal Erie con la region de los grandes lagos, cuyo comercio afluye por esta vía á New-York. La vasta bahía, ó más bien estrecho, llamado el *Sound*, de 155 millas de longitud, comprendida entre la isla de Long Island y la tierra firme, le proporciona grandes facilidades para el comercio de cabotaje. Todo, en una palabra, se reune para convertir á New-York en una de las poblaciones de mejor situacon geográfica del mundo. Pero algunas de estas ventajas se hallaban en parte disminuidas por las dificultades, y aún peligros, que ofrecia á la navegacion el paso desde New-York á la bahía del *Sound* al traves de los escollos de *Hell-Gate*. El destruir estos obstáculos era de gran importancia, no sólo para el tráfico de cabotaje, sino para el trasatlántico, que aprovechando este nuevo paso ahorra en su viaje una distancia de más de 50 millas, y obtiene la ventaja de navegar durante las 155 millas del estrecho en un mar tranquilo. El arrecife de *Hallets-Point* era indudablemente el que más interesaba destruir, no sólo por las dificultades que por sí creaba á la navegacion, sino por las corrientes encontradas á que daba origen

su existencia, y por ser un gran obstáculo para salvar sin riesgo otros escollos.

Su destruccion respondia, pues, á dos objetos; hacer desaparecer un obstáculo y modificar las corrientes del paso de Hell-Gate, de modo que se evitaran los peligros que existian en éste. El plano de conjunto, figura 1.<sup>a</sup>, da idea de la situacion del bajo de Hallets-Point, y explica la ventaja que se obtendrá haciéndolo desaparecer, y la figura 2.<sup>a</sup>, hace ver la forma del citado bajo desde la curva de nivel de bajamar media, hasta la de 52 piés ingleses de profundidad. Considerándolo en su forma como una semi-elipse, el eje mayor que pasa próximo á la orilla tiene 720 piés de largo, y el semieje menor 500. El volúmen comprendido hasta la curva de 26 piés de profundidad en media marea es de 51.000 yardas cúbicas. Se hallaba formado por una compacta masa de *gneis* ligeramente estratificados, de gran dureza, como lo prueba su resistencia á la constante accion de la violenta corriente que sobre él obraba.

Desde hace mucho tiempo se habia pensado en hacer desaparecer el bajo de Hallets-Point, pero la fuerza de la corriente en ese punto, y la dureza de la roca, habian hecho considerar la empresa como irrealizable. Hace diez y ocho años Mr. Maillefert intentó destruir, aunque sin completo éxito, otros escollos del paso de Hell-Gate, pero en Hallets-Point el empleo de la nitro-glicerina como materia explosiva bajo el agua, cuando se le hacia obrar sobre la extensa y dura superficie de la roca, no producía efecto ninguno sensible sobre aquélla, ni aun empleando cargas de 400 libras. Por otra parte, no era posible abrir barrenos superficiales por las dificultades que originaba la violencia y cambio continuo de direccion de las corrientes en la alta y baja marea, lo cual, naturalmente, impedia colocar los perforadores en condiciones de producir un trabajo útil. Hubo, pues, necesidad de recurrir al sistema seguido en la voladura de Blossonrock, en la bahía de San Francisco de California, llevada á cabo en 1870 con éxito mediano, pero que sin embargo, daba la idea de un procedimiento nuevo en la práctica para realizar trabajos análogos. En su consecuencia, despues de elegir el sitio para el pozo principal situado cerca de la orilla, se construyó en 1869 una ataguía poligonal, formada por un encajonado relleno de arcilla y arena y asentado sobre la roca, que por su estructura se prestaba perfectamente á su fundacion. La altura de esta ataguía era solamente de 1,60, y su espesor 1,20,

cuyas dimensiones eran las suficientes para su solidez, en razon á la poca altura á que alcanzan las aguas en aquel sitio; por esta causa su construccion tuvo más bien por objeto precaver algun accidente que pudiera originarse por el choque de algun barco ó algun cuerpo arrastrado por la corriente. En el interior de esta ataguía se agotó y empezó á practicarse un pozo ó excavacion vertical, desde el que, segun se pensó en un principio, debian partir dos órdenes de galerías radiales y concéntricas establecidas en dos distintos pisos. Las dificultades de este sistema se hicieron conocer bien pronto, por lo que se adoptó el de establecer solo piso de galerías. Para ello se profundizó el pozo hasta la cota de 55 piés bajo el agua. Ninguna dificultad se presentó en la abertura del pozo, pues las pequeñas filtraciones que se manifestaron eran prontamente agotadas por bombas poderosas que con este objeto se establecieron desde el principio de los trabajos. Conforme hemos indicado, una vez abierto el pozo, á partir de él, debian practicarse galerías radiales y concéntricas que por su reunion vendrian á formar una gran caverna, cuyo techo, de un espesor medio de 5 metros, se hallase sostenido por las toscas columnas que quedáran en la interseccion de unas galerías con otras: haciendo volar estas columnas, la costra superficial al hundirse vendria á ocupar el hueco practicado bajo ella, estando calculadas las dimensiones de las galerías de modo que despues de la voladura quedára, á pesar de la costra, el calado necesario para los mayores buques. Tal era el plan propuesto. La construccion de las galerías tuvo que hacerse con el mayor cuidado, y ofreció no pocas dificultades. Las radiales se hacian con la inclinacion de la roca en la superficie, con el objeto de mantener un espesor constante en la costra que formaba el techo. El espesor de éste se comprobaba á cada momento para prevenir un accidente que al principio estuvo á punto de ocurrir, por haber dejado poco grueso á la costra superficial, que, resentida por el peso del agua que sostenia, hubo necesidad de reforzar con macizos de mampostería que á toda prisa se construyeron. Las filtraciones empezaron á aumentar, y como consecuencia de la inclinacion de las galerías, el agua se acumulaba en sus extremos, hubo necesidad de aumentar los medios de agotamiento. Por otra parte, no era posible emplear fuertes cargas para producir las voladuras parciales, pues las vibraciones de la masa subterránea eran tan

considerables, que hicieron más de una vez temer por el éxito de la obra. La figura 2.<sup>a</sup> ya citada hace ver la disposición de los dos órdenes de galerías construidas, y la disposición de los pilares que sostenían la costra superior. El espacio formado por esta serie de galerías representa un volumen de 65.000 yardas cúbicas de roca, extraída de las excavaciones en un período de 3 años próximamente, en cuyo tiempo se han empleado constantemente 150 hombres por término medio. Concluida esta parte de la obra, llevada á cabo con una perseverancia infatigable, se dió principio á la construcción de los barrenos en los pilares y en el techo, que estallando á un mismo tiempo, habían de producir la desagregación de la masa y su inmediato hundimiento.

La experiencia adquirida en la voladura de San Francisco había hecho ver los inconvenientes de emplear la materia explosiva en grandes masas acumuladas en un pequeño número de puntos, razón por la cual el Mayor General Newton, modificando el primitivo sistema, se propuso repartir las cargas en un gran número de barrenos practicados en cada pilar, abriendo también algunos en el techo separados á mayor distancia. Se establecieron, pues, 189 grupos de 20 barrenos cada uno, correspondiente á cada pilar y á la parte próxima del techo. La profundidad de cada barreno fué perfectamente calculada en vista de la masa que había de remover, y examinando cuidadosamente la composición y estructura de la roca en cada punto. Cada barreno se llenó con el número correspondiente de cartuchos de dinamita, *rendrock* y otras sustancias eminentemente explosibles. La figura 4.<sup>a</sup> hace ver la disposición de cada barreno. En el extremo exterior de cada uno de éstos se colocó un cartucho especial, representado en la figura 5.<sup>a</sup>, y cuya disposición era la siguiente: un cilindro de bronce terminado por un cuello semejante al de una botella se llenaba de dinamita; y en la parte extrema interior del cuello se colocaba una especie de tacilla rellena de fulminato de mercurio, en cuya masa penetraban dos alambres que estaban en comunicación con una batería eléctrica. Entre los dos extremos de los alambres existía un delgado hilo de platino, el que al hacer pasar la corriente eléctrica se pondría incandescente y haría estallar el fulminato de mercurio, y por lo tanto el barreno. Cada grupo de éstos se colocó en continua comunicación por medio de hilos recubiertos de gutapercha. La reunión de cada ocho

grupos de barrenos, formaba una serie de la que partían dos hilos de mayor diámetro que las enlazaban. El conjunto de los alambres positivos de esta serie venían á terminar (figura 5.<sup>a</sup>) en un bastidor móvil colocado encima de otro fijo, donde terminaban los extremos de los alambres negativos; éstos, que partían directamente desde la batería correspondiente á cada grupo, venían á terminar dentro de unas pequeñas cavidades ó vasos rellenos de mercurio. Haciendo bajar por cualquier medio el bastidor móvil, se cerraba el circuito cuando las baterías se hallaban funcionando. El medio empleado para hacer bajar el bastidor fué el de hacer estallar, por medio de una batería especial, un torpedo que sostenía el bastidor móvil. Como ya hemos dicho, cada serie de barrenos tenía su batería especial, y con el objeto de hacerlas todas funcionar al mismo tiempo, y solamente en el momento preciso, se hallaba colocada (figura 6.<sup>a</sup>) en dos bastidores separados; uno fijo y otro móvil, susceptible de acercarse al primero por el movimiento de un piñón que engrana con una barra dentada. El bastidor móvil contenía los elementos sólidos de las pilas, esto es, al carbón y al zinc, que cuando los bastidores estaban unidos ponían en contacto con el líquido contenido en los compartimientos del bastidor fijo, cuyo líquido estaba compuesto de bicromato de potasa y ácido sulfúrico diluido. Desde este momento empezaba á funcionar la batería, y para proteger ésta de todas las acciones exteriores, y sobre todo, de las que pudieran producirse en el momento de la explosión, se construyó una sólida caseta de madera y mampostería dentro de la cual se colocaron los aparatos que hemos descrito. Tal es el conjunto de elementos que se prepararon para verificar la explosión, siendo de advertir que cada detalle fué minuciosamente estudiado y todas sus partes examinadas y comprobadas con todo esmero. Las materias explosibles fueron reconocidas con el mayor cuidado, las baterías y los alambres se construyeron con materias de la mejor calidad; se comprobó la comunicación de la electricidad por medio del galvanómetro; en una palabra, se adoptaron cuantas precauciones podían asegurarse el resultado, hasta el extremo de tener en cuenta en el cálculo de las cargas el espacio inapreciable de tiempo que tardarían en estallar las colocadas en condiciones desfavorables. Para coadyugar al éxito, se colocaron en dos puntos de mayor resistencia una especie de torpedos formados por

trozos de tubos de hierro rellenos cada uno con 40 ó 50 libras de dinamita. La preparacion de las cargas y su reparto en los puntos en que habian de obrar fué una de las operaciones más peligrosas entre las muchas que se han llevado á cabo en esta obra extraordinaria. La colocacion de 52.000 libras de materias explosibles dentro de los barrenos, y la preparacion de las baterías, conductores y todos los accesorios, se ha llevado á efecto en muy corto número de dias, en algunos de los cuales se ha trabajado hasta de noche, sin que esta precipitacion en el manejo de sustancias tan peligrosas, haya causado ni el más ligero accidente. Antes de terminarse los preparativos y cuando se ocupaban los trabajadores en rellenar los barrenos, descargó sobre New-Yorck una fuerte tempestad, en la noche del domingo 17, que por un momento se creyó que podria haber causado considerable daño en las obras, pues la violencia del viento, unida á la fuerza de la marea en aquella hora, hacian fundadamente presumir que habrian originado la destruccion de la ataguía, y por lo tanto, la inundacion de los subterráneos. Nada de esto ocurrió, sin embargo, y al hacer el dia siguiente los Ingenieros un reconocimiento detenido, solamente encontraron un aumento en las filtraciones ordinarias. El sábado 25 de Setiembre estaba todo terminado, faltando únicamente llevar á cabo la operacion de inundar las galerías antes de verificar la explosion, que se fijó para el domingo 24, á las tres ménos diez minutos de la tarde, hora de máximo en la marea. La operacion de inundar las excavaciones era un complemento indispensable de la obra. El incompleto resultado que se obtuvo en San Francisco se atribuyó, entre otras causas, á la de no haber inundado por completo las galerías. En efecto, descargando los barrenos segun su linea de menor resistencia, claro es que en el caso de una inundacion imperfecta ó nula tienden á dar *bocazo*, sin producir efecto notable sobre la masa que los rodea. Por otra parte, el volúmen de agua ofrecia una masa resistente al escape de los gases antes de que éstos hubieran producido su efecto por completo, al mismo tiempo que se oponian á la proyeccion de la roca, por efecto de la explosion. A la profundidad de 56 piés ingleses, ó sean 11 metros próximamente á que se hallaba el fondo del pozo de la superficie libre del agua, ejercia ésta sobre la roca una presion de 1250 libras inglesas por pié cuadrado, presion que aseguraba el efecto de los barrenos y daba garantías

contra la proyeccion extraordinaria de las rocas en el momento de la explosion. El efecto resistente del agua se sabe ademas que aumenta en proporcion de la rapidez con que se produzca el choque, y como por otra parte la proyeccion de las rocas á través de una masa tan considerable de agua debia producirse, en caso de tener efecto, segun una direccion perpendicular á su superficie, ó sea vertical, se podia considerar como muy remoto el temor de un accidente. La operacion de inundar las galerías se llevó á cabo por medio de un sifon formado de tubos de hierro, cuyo brazo horizontal pasaba á través de la ataguía, y la rama vertical del sifon llegaba hasta el fondo de las excavaciones. En el extremo superior habia colocada una válvula, que fué abierta cuando el agua alcanzó su máxima altura de marea. La diferencia de presiones de los extremos del sifon hizo penetrar en éste el agua, que siguió despues corriendo dentro de las galerías, hasta que éstas quedaron completamente inundadas. Entónces se quitó el sifon y se destruyó la ataguía para permitir la comunicacion del agua encerrada en el subterráneo con la de la superficie. En este estado las cosas, se podia considerar todo preparado para la explosion del dia siguiente.

Para poder apreciar mejor la magnitud de la obra, damos á continuacion una lista de los elementos principales empleados en llevarla á cabo.

Dinamita en cartuchos de estaño. . . . .	24.812 libras.
Dinamita en cartuchos de papel. . . . .	1.164 »
Dinamita en cartuchos de bronce. . . . .	2.925 »
<hr/>	
Dinamita total. . . . .	28.901 »
Rendrock en cartuchos de estaño. . . . .	9.061 1/2 »
Pólvora vulcano en cartuchos de papel. . . . .	14.244 »
<hr/>	
Total carga en mina. . . . .	52.206 1/2 »
Número total de cartuchos de estaño. . . . .	13.596
Número total de cartuchos de bronce. . . . .	3.680
Número de barrenos con cartuchos de bronce . . . . .	3.645
Número de tubos de hierro ó torpedos. . . . .	35
Número de barrenos cargados sin cartuchos de bronce. . . . .	782
Número total de barrenos y tubos. . . . .	4.462
Longitud de los alambres de union. . . . .	100.000 piés.
Longitud de los alambres conductores. . . . .	200.000 »

El número de pares de las baterías era de 960, correspondientes á 12 baterías de 40 pares cada una, 4 baterías de 45 pares, y 7 baterías de 44 pares cada una.

La distancia desde el punto en que se daba fuego hasta el pozo, era de 650 piés.

El día 24 de Setiembre, fijado para la explosión, amaneció lluvioso y desagradable en extremo; pero esta circunstancia, unida al temor que inspiraba á la mayor parte el efecto de aquélla, no fueron causa suficiente para impedir que desde muy temprano se llenáran de espectadores todas las alturas que dominaban el sitio donde había de tener efecto la voladura. Los *steam-boats* que el Mayor General Newton había puesto á disposición de las personas invitadas, entre los que se hallaban muchos comisionados extranjeros en la Exposición de Filadelfia, se llenaron de personas venidas de New-York, de Filadelfia y de otros puntos. Cuatro vapores colocados convenientemente, impedían el acceso al lugar donde había de verificarse la voladura, á fin de evitar desgracias. Próximos á ellos se hallaban multitud de barcos y botes particulares, y los *steam-boats* que contenían las personas invitadas. A las dos y media, un cañonazo dió aviso de que se aproximaba el momento de la voladura. A las 5 ménos 10 minutos, una niña de 2 años, hija del Mayor General Newton, cerró, por medio de un manipulador de telégrafos, el circuito de la batería especial que servía para hacer estallar el torpedo. Instantáneamente se cerró el circuito de las otras baterías, que desde algunos momentos ántes se hallaban funcionando, y la explosión tuvo lugar. Una enorme masa de agua, de una altura próxima á 75 piés se elevó por el aire, en cuyo centro apareció una masa negruzca que algunos creyeron ser una piedra enorme, y otros los restos de la ataguia y trozos de madera que luégo flotaban en la superficie del agua. Una columna de espeso humo amarillento sucedió á la de agua, formando una extensa mancha amarilla, que señalaba el sitio de la voladura.

Un profundo ruido lejano, como el que suele preceder á los terremotos, acompañó la producción de estos efectos.

Pocos momentos despues se veía cubierto el sitio de la explosión de multitud de botes y pequeños barcos de vapor llenos de gente ávida de conocer el resultado de la voladura, y que se disputaban como reliquias los restos que flotaban en la superficie de las aguas.

Estas, sin embargo, ocultaban en su seno el efecto producido, y que no podrá conocerse por completo, hasta que terminen los reconocimientos y sondeos que actualmente se están verificando.

Los practicados hasta ahora arrojan un resultado completamente satisfactorio y que supera las esperanzas que habían concebido los Ingenieros de la obra. Se ha empezado ya á sentir una modificación sensible en las corrientes, y á pesar de no conocerse el estado en todos los puntos, algunos barcos se han atrevido á pasar por el nuevo canal, sin que hayan experimentado entorpecimiento de ninguna clase. Se cuenta, sin embargo, con encontrar puntos en que el calado sea insuficiente, ya sea á consecuencia de la aglomeración de rocas desprendidas, ya sea por efecto de su disposición. En uno ú otro caso serán removidas á los sitios de mayor calado ó extraídas á la superficie, empleando para estas operaciones los rastrillos de Morris, que ya sirvieron en la voladura de San Francisco, el nautilus y las escafandras para los reconocimientos y trabajos bajo el agua, y la dinamita en barrenos superficiales, ó simplemente colocados en la superficie, cuando sea más conveniente volar las rocas que constituyan el obstáculo; siendo ya posible emplear estos medios por la modificación producida en las corrientes, y por la irregularidad de la superficie del fondo de roca que permitirá el empleo útil de la dinamita en esta última forma.

La oportunidad que ha ofrecido la voladura de Hell-Gate ha sido aprovechada por algunos hombres científicos, para hacer observaciones acerca de la intensidad de las vibraciones en la tierra y en la atmósfera, y su velocidad de trasmisión. Observadores prácticos colocados en diversos puntos y provistos de instrumentos especiales de gran sensibilidad, se hallaban puestos en comunicación por medio de alambres eléctricos que partían del punto en que se dió fuego á la voladura. Por medio de cronómetros examinaban el tiempo que tardaba en transmitirse la vibración, cuya intensidad era acusada por un aparato especial. El resultado de estos experimentos no nos estodavía perfectamente conocido.

Tal ha sido el resultado de una obra colosal en su conjunto, admirable en sus menores detalles, y que perfeccionando su ejecución al sistema iniciado en la voladura de San Francisco, da una solución casi completa para llevar á cabo trabajos análogos, abriendo á la par un nuevo campo para realizar, en su género, empresas más gigantescas y consideradas hasta hoy como imposibles.

Filadelfia, 26 de Setiembre de 1876.

MANUEL LOPEZ BAYO.

