

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

U. N. A. M.

**LA INTRODUCCION DE LA MAQUINA DE
VAPOR EN MEXICO**

— 0 —

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MAESTRA EN HISTORIA
P R E S E N T A
CLARA BRONSTEIN PUNSKI**

*México
1965*



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

P R O L O G O

El hacer una tesis profesional con 18 años después de haber terminado la carrera, me parecía una empresa irrealizable.

Haber estado apartada de Maestros, Documentos, Bibliotecas, así como mis obligaciones docentes y administrativas en la Escuela "Yavne", mis deberes en el hogar para con mi marido e hijos, no eran precisamente un estímulo para esa labor.

Sin embargo, una disposición de la U.N.A.M. aplicable a mi en mi carácter de pasante, en el sentido de que no podría continuar impartiendo las Cátedras de Historia si no obtenía el Título correspondiente, me obligó a enfascarme en el trabajo de realizar la tesis.

Y lo que empezó siendo una forzada obligación, terminó siendo una labor interesante, instructiva y plena de satisfacciones.

El tema, para mí muy interesante, se lo debo al Director de este trabajo Lic. Alfonso García Ruiz que en todo momento, robando horas al descanso me brindó consejos, ayuda y estímulo.

Durante los meses que laboré en mi tesis frecuenté bibliotecas, archivos, donde investigadores, Directores y colaboradores en general me ayudaron en la búsqueda de libros, localización de documentos, sugerencias sobre fuentes de información.

Mis hijos León y Enrique, y mi Esposo el Ing. Químico Salomón Bendesky, contaron menos con madre y esposa, pero al igual que mis Padres a quienes debo mi carrera; hermanos, padres políticos y todas mis amistades en especial la señora Marggie Asch, quienes no escatimaron sus frases de aliento, apoyo moral ni su paciencia tanto en mis ratos de desaliento como de euforia, según que la bendita máquina de vapor colaborara o no en el desarrollo de mi tesis.

He dejado para el final, por ser merecedor de mi máxima gratitud, al Prof. Luis Chávez Orozco.

El Prof. Chávez Orozco, gran historiador y mejor hombre, que a pesar de su absorbente trabajo de investigador y las limitaciones causadas por su enfermedad, siempre tuvo abiertas para mí las puertas de su extraordinaria biblioteca, pero mejor aún, me brindó siempre el caudal de su erudición, de su experiencia, de sus consejos.

Para todos mi agradecimiento y mi cariño.

INTRODUCCION

Entre la problemática de la historia económica de México, existe un aspecto del cual muy pocos investigadores se han ocupado.

Al enfocar la Revolución Industrial en nuestro país, inmediatamente nos encontramos con que es un Fenómeno tardío. Ya que la industrialización ocupa en la actualidad un lugar prominente en los programas gubernamentales, nos parece de interés indiscutible el analizar el panorama de la introducción de la máquina de vapor en México.

La serie de circunstancias que contribuyeron a que este desarrollo estuviera a la zaga de países como Inglaterra, Francia, Bélgica, Hungría y EE.UU., pueden resumirse partiendo del hecho de que México era un país colonial. No favorecían a este desarrollo, ni las instituciones políticas estáticas, ni el régimen comercial opresivo.

Las relaciones de nuestro país con el exterior eran prácticamente nulas; la densidad de población bajísima. El capital con-

centrado en manos del clero y las instituciones políticas desfavorables y reacias a cualquier cambio son, además, factores negativos indiscutibles.

Para comprender la dinámica del fenómeno Revolución Industrial, es necesario remontarse a las bases ideológicas que desde la antigüedad se presentan.

El pensamiento filosófico griego se ocupa ya de analizar los fenómenos que fueron el origen de las actuales disciplinas científicas.

La imagen Aristotélica del Universo negaba expresamente la posibilidad del espacio vacío. Dios es la forma; el espacio vacío carece de forma, esto es, el espacio vacío es lo contrario de lo divino. Esta imagen Aristotélica del mundo conservó su validez hasta principios del Renacimiento.

La bola de Eolo, que el célebre sabio de Alejandría Herón describe en su manuscrito "Spiritualia sen Pneumatica", consiste en una rueda de reacción hidráulica, en la que se reemplaza el vapor por el agua. Conocido entre egipcios, griegos y romanos, éste aparato era objeto de diversión, a pesar de que algunos historiadores opinan que los sacerdotes lo utilizaban para producir el movimiento de sus oráculos.

Herón, sin embargo, no logró aplicar en forma práctica sus conocimientos, limitado como estaba, por las ideas filosóficas, místicas y religiosas, aunadas a los atributos sobrenaturales de ciertos fenómenos aislados de la naturaleza, a pesar de que tuvo en sus manos los componentes de una máquina útil. Es, además, de gran importancia, señalar que hubo inventores que siguieron los pasos de Herón y que tampoco llegaron a construir una máquina de vapor. El salto hacia la máquina de vapor no fué posible darlo hasta que cambiaron los valores filosóficos. El principio de la máquina ya estaba establecido, pero no es sino hasta la época del Renacimiento cuando surge la idea de su aplicación práctica, productiva.

Ahora bien, ¿qué es una Máquina? Es todo mecanismo o conjunto de mecanismos que a base de fuerzas mecánicas o eléctricas transforma un trabajo motor en un trabajo útil.

Hay que considerar que el hombre desde tiempo inmemorial, ha sabido construirse herramientas. Esta es una de las características esenciales de la especie humana.

Entre herramienta y máquina, es difícil trazar un límite, una verdadera línea limítrofe. Una rueda o un martillo no pueden considerarse máquinas; sin embargo un telar es algo más que una he-

herramienta. Tienen en común el permitir economizar una gran cantidad de trabajo manual. La máquina, en lugar de ser una herramienta en manos del obrero, es una mano artificial; se distingue de la herramienta menos por la fuerza automática que la mueve, que por los movimientos de que es capaz. Por lo tanto, puede decirse que es un "mecanismo que bajo el impulso de una fuerza motriz simple, ejecuta los movimientos compuestos de una operación técnica, efectuada antes por uno o varios hombres" (1).

Los adelantos de la máquina de vapor son casi nulos desde la antigüedad, salvo uno que otro estudio aislado de las propiedades del vapor. En el siglo XVI se aplica por primera vez un aparato accionado por vapor en una máquina de hilar.

Como dato curioso, cabe mencionar que Tomás González, español, Director de los Archivos de Salamanca en 1825, publica en la correspondencia de M. de Navarrete el dato de que España fué el primer país en que se hizo una aplicación práctica e interesante del vapor de agua. La veracidad de ésta información es debatible; sin embargo, gran número de escritores están de acuerdo en que el marino español Blanco de Garay, aplica en 1543 una máquina de vapor para accionar unas medias paletas que hacían caminar a los navíos.

DATOS HISTORICOS DEL DESARROLLO DE LA MAQUINA
EN EL SIGLO XVII

A principios del siglo XVII, el napolitano Giovanni Battista della Porta, describe en su obra "Spiritali" un aparato cuyo objeto era el de elevar el agua por medio de la fuerza elástica del vapor de agua; en él la fuerza elevadora radica en la presión del vapor, en lugar de la del aire caliente.

El arquitecto francés Salomón de Caus, describe en una de sus obras, "Les Raisons des Forces Mouvantes", un aparato similar al de Della Porta; y también el abate John Wilkins, en Inglaterra, aplica el antiguo principio de la bola de Eolo para crear una máquina motriz.

Se puede asegurar que éstas aplicaciones cierran el enorme período de tiempo en que el fluido en cuestión no se aprovechó en nada práctico.

En el año de 1630, el inglés Ramseye, afirmó haber ideado máquinas de vapor para elevar las aguas, mover buques y aún achicar pozos, pero no se tiene ninguna noticia sobre tales inventos.

Según los ingleses, el que inicia la vía de franca utilización

del vapor es Edward Somerset, Marqués de Worcester, quien en 1630 publica una obra titulada "A Century of the names and scoutrings of inventions by me already practised" (2), pero el lenguaje empleado por el autor, que es sumamente obscuro, y la falta de diagramas y dibujos para lograr aclarar las descripciones, no nos permiten darnos cuenta de la enorme labor de éste eminente sabio.

TRANSFORMACIONES DEL PENSAMIENTO FILOSOFICO Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DEL MAQUINISMO.

El pensamiento de Descartes y Bacon en el siglo XVII fué el que, finalmente, abolió las trabas existentes desde la antigüedad para el desarrollo de la Máquina, abriéndose así el camino para el impulso industrial.

El hombre, desde la antigüedad, poseía fuerzas capaces de mover automáticamente las lanzaderas, fuerzas capaces de mover mecanismos divertidos o juguetes animados; pero los sabios de la antigüedad, confundiendo las profesiones mecánicas con el trabajo manual, lo consideraban denigrante. Esta idea llega a su fin a principios del siglo XVIII en que los valores cambian en su totalidad. Es el momento en que las profesiones mecánicas, aunadas a la ciencia, hacen que los nuevos inventos den resultados prácticos y sean aceptados e incluso esperados.

Bacon y Descartes son los originadores de la idea de hacer que la ciencia sea capaz de lograr "disminución y alivio en el trabajo de los hombres" (3). Pero no solamente es el cambio de valores filosóficos el que influye en el impulso del desarrollo indus-

rial, sino el esfuerzo del artesano, las aplicaciones de la ciencia, y el instinto mecánico innato en la mayor parte de los hombres, lo que conduce a ese desarrollo industrial.

Los inventos más importantes que transformaron la industria del siglo XVIII, son resultado del trabajo de artesanos ingeniosos, aunado a las aplicaciones de la ciencia.

Descartes habla de los autómatas aplicando su teoría de los animales-máquina. Es verdad que entre éstos y las primeras artes mecánicas e industriales hay una clara relación. El Padre Labat fue quien, en 1722, en un nuevo viaje a las islas de América, menciona y elogia a un oficial de la marina por su dedicación a las matemáticas, sobre todo en la parte relacionada con la mecánica. Este Oficial había inventado "varias máquinas muy curiosas, muy hermosas y muy útiles". El nombre de este oficial era M. de Gennes, el primero en concebir y presentar ante la Academia la idea de un telar automático. El Diario de los Sabios del 8 de Agosto de 1678, opinaba sobre esto lo siguiente: "no es otra cosa que un molino a cuyo movimiento son aplicadas todas las piezas del telar ordinario del tejedor" (4).

Hay infinidad de relatos rodeados de romanticismo, acerca del surgimiento de nuevos inventos. El hecho que debemos señalar

es, sin embargo, la realidad de la existencia de un pensamiento sistemático detrás de la mayor parte de los adelantos industriales, ya que se ha comprobado que son resultado de múltiples ensayos y errores. El azar pudo haber intervenido ocasionalmente en el progreso de la técnica pero como en todo fenómeno de creación humana, no es el factor primordial.

Hay autores para los que la invención aparece en todas las grandes épocas de la historia humana y afirman que no se desarrolla ni prospera en una comunidad de aldeanos, sino que se produce fácilmente en aquellos conglomerados humanos que atesoran "cosas de la mente" y no en los que solo se conforman con satisfacer necesidades materiales. Sin embargo, es necesario señalar que tanto el desarrollo del pensamiento como la satisfacción de necesidades materiales han conducido al hombre hacia el desarrollo de la técnica. La corriente del pensamiento científico inglés, nacida de las enseñanzas de Bacon, Boyle y Newton fué una de las principales fuerzas dentro de la revolución industrial; pero ésta corriente filosófica no hubiera sido suficiente sin la existencia previa de necesidades materiales por satisfacer.

El lenguaje, el pensamiento y las funciones del hombre co-

mún y corriente en el siglo XVIII, no está en contacto con las ciencias que empiezan a especializarse, y es necesaria la intervención de hombres preparados para lograr la aplicación práctica; éste es el papel del inventor.

El desarrollo de la técnica implica el conocimiento de los hombres y de las máquinas que provocan transformaciones vitales en la historia.

LA MAQUINA DE VAPOR.

Sus primeros intentos de aplicación práctica.

La historia de la técnica que implica un progreso científico, impulsada por especulaciones filosóficas originadas en la época del Renacimiento, culmina con el descubrimiento de la máquina. El ejemplo clásico, resultado de las inquietudes planteadas con la difusión de los nuevos conocimientos y los pensadores de la Ilustración, lo tenemos con el inventor Otto von Guericke, a quien se debe la existencia de la máquina en su forma actual.

La máquina de vapor surgió porque el hombre consideraba de un modo crítico su vieja fé. Fué así como Guericke produjo a éste efecto un espacio vacío. Al tener resultado su ensayo, el viejo mundo, tal como la imaginaban los escolásticos, tuvo que venirse abajo; pues en éste mundo no había lugar para el espacio vacío. Guericke demostró que el aire no llega hasta los límites del Universo, sino que sólo rodea a la Tierra; ahí donde el aire se acaba, decía Guericke, comienza el espacio vacío. Su demostración consistió en hacer que todo el peso del aire se precipitase en un espacio vacío.

Hizo ver, que si del aire se saca una parte por medio de una bomba, entonces el peso de la atmósfera se precipita dentro de éste espacio que se ha vaciado, produciéndose un movimiento, y a éste movimiento se le puede hacer actuar convirtiéndolo en fuerza. Este es el principio de la máquina atmosférica.

Guericke no podía inventar la máquina de vapor, aun cuando tuvo en la mano sus diversas partes. No le era posible hacerlo, porque suponía que el fuego era una potencia que escapaba a la interpretación terrena. No osaba rozar este secreto, pues le habría parecido una profanación.

Es, además, de gran importancia, señalar que ninguno de los sucesores de Herón consiguiese hacer una máquina de vapor, y que aún hasta llegar a Otto von Guericke, no se presentara ningún avance.

El salto hacia la máquina de vapor no era posible darlo mientras no se hubiesen superado todas las viejas representaciones de la limitación del mundo contemporáneo de Guericke.

Denis Papin, continuador de Guericke, fué uno de los primeros inventores de máquinas de vapor (o motores), de nacionalidad francesa, nacido en Blois; fué asistente de Huygen en los experimentos con la bomba de agua.

En Londres fué asistente de Boyle, donde realizó mejoras en la bomba de aire e inventó su famosa "Compression Pump" (5).

En 1679 inventó la "Steam Digester", un tubo con una tapa apretada que no dejaba escapar el vapor; así conservaba toda la presión, y al mismo tiempo tenía una válvula de escape para soltar el exceso de vapor. En 1684, Papin recibió de la Royal Society un nombramiento como jefe de experimentos. Se dedicó a hacer gran número de ensayos e investigaciones en hidráulica.

Denis Papin amplió el principio de la máquina, inventando una máquina atmosférica que utilizaba la fuerza expansiva del vapor, así como el vacío relativo que condensándolo se obtiene. Esta fué, probablemente, la primera máquina de vapor de émbolo. Además, ideó un horno, en el cual se quemaba combustible sobre un emparrillado dispuesto para invertir las llamas, haciendo que el aire las atravesara de arriba abajo, yendo a la chimenea por una galería lateral.

Hay quienes dicen que Denis Papin no supo apreciar debidamente el alcance de su primera disposición de máquina de vapor. Pero sí fué el primero a quien se le ocurrió hacer una bomba de vapor, no solamente un aparato para medir el vapor, como lo había

hecho con anterioridad Geambaptista, en el cual se producía el vapor por medio de una caldera especial y se conducía este vapor a una caldera de agua, haciendo que ejerciera presión sobre ésta, de tal forma que el líquido tuviese que ascender en un surtidor constante. De estas ideas, por las cuales se podía producir vapor en un recipiente separado, resultó después la moderna máquina de vapor; pero el reunir ambas ideas no fue obra de Denis Papin, sino de un herrero inglés llamado Newcomen.

En los años que transcurrieron entre la obra de Denis Papin y la aplicación de la máquina de vapor se consumó la tragedia del hombre que la había ideado. Los tres años que trabajó en ella fueron los más felices, pero después de ellos llegaron los contratiempos, pues Papin tuvo que comprender que era mucho lo que se había adelantado a su época; que su máquina atmosférica de émbolo no podía construirse debido a que no había entonces fundiciones capaces de hacer cilindros tan grandes, ni obreros especializados en ellos, ni tampoco aparatos para perforar los cilindros, ni aún mecánicos que ajustasen el émbolo tan grande de modo tan exacto en el cilindro para que cerrase herméticamente contra las paredes; logrando que la máquina trabajara sin grandes pérdidas debidas al mal ajuste, aunque él aseguraba "que su máquina evitaría a los

hombres la fatiga del trabajo corporal" (6).

Contemporáneo de Papin fué el inglés Thomas Savery, ingeniero militar y hombre dotado de grandes conocimientos de mecánica y de un espíritu industrial poco común. A él le corresponde el mérito de haber reunido todos los trabajos de sus predecesores en un proyecto aprovechable. La forma especial de su máquina se explica por la necesidad de la minería inglesa, de encontrar una fuerza barata para lograr elevar el agua en los tubos de las bombas.

Creyó que el vacío era la fuerza requerida; por éste motivo continuó Savery usando una bomba aspirante y la combinó únicamente con una bomba de presión.

Llamó a su máquina "el amigo del minero" (7) y fué el primero que para una determinada unidad de fuerza de la bomba de vapor, empleó la expresión "caballo de fuerza".

Tenía el convencimiento de que sólo la máquina de vapor podía salvar la economía inglesa. Escribe un tratado sobre la Maquina de Vapor no redactándolo en latín, como entonces era común, sino en inglés, con el objeto de que se difundiera su conocimiento, pues quería que todo el mundo se convenciera de lo que era su máquina. Resultó en ésta forma ser el primer propagandista de las mismas.

Su máquina tiene gran aplicación para el avenamiento de las minas, para proveer de agua las ciudades, e incluso para mover molinos en lugares donde no existía agua corriente, ni vientos regulares. Savery había podido observar en Inglaterra las grandes dificultades existentes para explotar las minas de cobre, pues más allá de cierta profundidad se hacía casi imposible extraer el agua que invadía las galerías, para lo que se usaban juegos de bombas superpuestos, cuya instalación era muy costosa. Fue para reemplazarlos para lo que Savery inventó una máquina cuya construcción era muy simple, ya que usaba dos fuerzas a la vez: la presión atmosférica para aspirar el agua y la tensión del vapor para expulsarla.

Este aparato de Savery era un depósito en el que se introducía vapor de agua; para lograr que se condensara, se regaba el recipiente con agua fría, produciéndose un vacío que determinaba una succión del agua que se quería hacer bombear. Esta agua era aspirada por un tubo y conducida a un segundo tubo por introducción de nuevas cantidades de vapor.

Esta máquina, según pensaba su inventor, podía tener múltiples usos, entre ellos extraer el agua de las minas, desecar pantanos, hacer girar las ruedas de los molinos, y otros.

Donde se usó primero fue en las minas de Cornwall, pero tuvieron serias dificultades los que la usaron por primera vez, pues no hacía subir el agua más que a unos cientos de metros a lo máximo, y si se intentaba forzar la presión, había riesgo de hacer estallar la caldera.

La bomba de Savery estaba lejos de ser perfecta; su funcionamiento era lento, su potencia limitada e incluso era peligrosa, pues podría provocar explosiones. Fue abandonado su uso cuando se conoció la máquina de Newcomen.

Tomás Newcomen perfeccionó el mecanismo de Savery, añadiéndole un balancín, una de cuyas extremidades se hallaba unida a la espiga de una bomba y la otra a un pistón que el vapor, al afluir, levantaba y que la presión atmosférica hacía bajar después de la condensación del vapor, por introducción de un chorro de agua fría en el depósito. Se dice que un niño llamado Humphry Potter, que era el encargado de vigilar que funcionara este aparato, fue quien convirtió esta máquina en automática al conectar al balancín los grifos que regulaban la entrada del vapor y del agua. Esta máquina fue llamada de fuego y se usó no sólo en las minas, donde llegó a ser indispensable, sino en las ciudades para abastecer de agua potable.

Esta máquina de Newcomen hubiera podido convertirse en máquina motriz con sólo unir el balancín a un mecanismo de transmisión. La máquina de vapor de Newcomen, marca un enorme adelanto en el aprovechamiento de este elemento. Su idea era el empleo de la energía encerrada en tal fluido, no para accionar directamente el agua, sino como fuerza motriz que pusiera en movimiento una BOMBA.

Newcomen y su colaborador John Cowley patentaron en 1705 una máquina que después fue aplicada ya perfeccionada. Desde este momento el empleo de la máquina de vapor atmosférica se generalizó, sobre todo para el achique de las minas.

Se llega al año de 1774 sin que se pueda notar variación de importancia alguna en el desarrollo de la máquina de vapor. - Es en dicho año cuando el ingeniero inglés John Smeaton proyecta y construye numerosas máquinas en las cuales rompe con las dimensiones impuestas por Newcomen.

Smeaton, con un espíritu verdaderamente científico, modifica la máquina de Newcomen y logra un tipo de máquina bien definido, aunque lleno de defectos y, sobre todo, poco económica. A pesar de ello, el motor de vapor se instala en muchas industrias y empieza, por decirlo así, su prodigiosa carrera hacia el perfeccionamiento.

Aplicación de la Máquina en Inglaterra.

El manufacturero en esta época no es un jefe de industria sino, por el contrario, un artesano que trabaja con sus manos. Es parte del llamado Sistema Doméstico de la Economía y cabe señalar que este sistema prevalece hasta el umbral del siglo XIX. Pero esta pequeña industria no es puramente local y son precisamente sus contactos exteriores los que hacen inevitable su transformación.

Es a fines del siglo XVII y principios del XVIII cuando el pañero que surge del sistema doméstico, se va apoderando paulatinamente de los medios de producción y distribución, dando como resultado la aparición del asalariado y el capitalista.

Se puede hablar de una industria manufacturera por primera vez en la Historia, dentro del ramo textil, aún cuando no progresó al ritmo que hacía pensar su brillante principio en el siglo XVI.

Sin lugar a dudas, este desarrollo va ligado a la aparición del maquinismo; fenómeno de primordial importancia que implica, además, la revolución industrial. Matoux afirma que "maquinismo es todo medio artificial de abreviar o facilitar el trabajo humano (8)". Este término puede aplicarse a una industria en particular o bien a un conjunto de industrias.

La rápida transformación de la industria del algodón por una serie de invenciones técnicas, la ha convertido en la primera digna de considerarse como tipo clásico de las grandes industrias.

Consideramos importante hacer una relación de los inventos precursores que contribuyeron al desarrollo posterior del maquinismo.

En el año de 1598, William Lee ideó un telar para tejer medias (Stocking Frame). Este telar ya es una máquina que, como toda innovación, no fue aceptada de inmediato y provocó el descontento de gran número de trabajadores manuales.

Es curioso señalar que, ya en el año de 1621, en una obra de mecánica que aparece en Padua, se habían descrito una serie de máquinas. Pero no es sino hasta el año de 1718 cuando los hermanos John y Tomás Lombe organizan una verdadera fábrica, que puede considerarse como la primera existente en Inglaterra. Su utillaje era automático y su producción continua e ilimitada.

En 1733 John Kay perfecciona el antiguo telar, agregándole la llamada lanzadera volante, que permite una producción más amplia. Su uso fué difundido hasta el año de 1760.

El avance logrado por medio de la aplicación de la lanzadera volante va a provocar una crisis de producción de materia prima

para los telares, de ahí que se hiciera necesario encontrar un medio de producir rápidamente el hilo.

Se adjudica el invento de la máquina de hilar a John Wyatt y Lewis Paul; éste último saca la patente de invención en el año de 1738. Es Wyatt el que perfecciona esta máquina que empieza a aplicarse en forma práctica hacia el año de 1740.

La fuerza motriz aplicada a estas máquinas fue hidráulica en un principio. Hubo dos inventos casi simultáneos que fueron decisivos para el desarrollo del maquinismo: se trata nada menos que de la llamada "Spinning Jenny", de Hargraves (1765), y la "Water Frame" de Arkwright (1768).

Se hicieron una serie de transformaciones de esta primitiva "Jenny" hasta que Crompton, en 1774, logró construir la llamada "Mule Jenny".

Cartwright contribuye al perfeccionamiento de la máquina de tejer que inicia su funcionamiento en 1784. Ya en el año de 1775 se había patentado la máquina de cardar, el peine móvil y el aparato de alimentación (crank and comb, roving-frame y feeder).

Arkwright puede ser considerado como el verdadero fundador de la industria moderna. Inicia su carrera en la ciudad de Nottingham y es ahí donde emplea por primera vez la máquina de vapor.

Entre sus contribuciones contamos el empleo de ruedas con cilindros metálicos en las máquinas.

En 1790, un fabricante escocés construye telares automáticos puestas en movimiento por una rueda hidráulica y a partir de entonces la "Mule Jenny" se convierte en la máquina de hilar por excelencia.

Hay noticia de que en el año de 1791 se había instalado en la Ciudad de Manchester una gran fábrica con 400 telares movidos por la fuerza del vapor.

El primer período del empleo de la máquina tiene como característica fundamental el uso del agua como fuerza motriz. Por lo tanto, era necesario establecer las industrias en lugares adecuados, lo que limitaba la aplicación de estas primeras máquinas.

Otro de los factores de primordial importancia en el advenimiento y desarrollo del maquinismo es la aplicación del hierro. Es el centro de la gran industria moderna, ya que la metalurgia le proporciona a ésta el utilaje y es un auxiliar indispensable en todas las ramas de la mecánica aplicada.

Desde el año de 1735 se empieza a utilizar la hulla para fabricar fundición. Hacia 1793 aparece el pudelado, que es la forma para separar la fundición de hierro del carbono que contiene, pu-

diéndose ya hablar de la metalurgia del hierro. Desde este momento, las máquinas se construirán con partes elaboradas con este metal, las cuales a su vez servirán para crear nuevas máquinas.

Hay que señalar también el procedimiento de Hunstman para la preparación del acero que, junto con los procedimientos anteriores, contribuyó a la era de la gran producción metalúrgica, incluyendo la máquina de vapor que construyó Watt. Su diseño hubiera sido imposible de no haberse proporcionado de antemano unos cilindros metálicos, pues en las antiguas máquinas todas las piezas eran de madera, que se desgastaban en forma desigual y producían movimientos desiguales.

Las fundiciones y las fraguas son las primeras en emplear utilaje metálico aplicado a las máquinas laminadoras y a los martillos hidráulicos.

Todos los avances logrados hasta este momento, principios del Siglo XIX, van a valerse de la fuerza del vapor para acelerar aún más su desarrollo y transformarse en la industria moderna.

Hay una serie de factores que contribuyen a la aplicación práctica del vapor. Entre éstos, uno de los más importantes fué la necesidad de extraer el agua de las minas, lo que se logró con la ayuda de bombas que llegaron a tener un alcance extraordinario.

El inventor inglés James Watt (1736-1819), fue quien perfeccionó la máquina ya mencionada de Newcomen. Su método fue científico y lo llevó a la conclusión de que era necesario mantener tan caliente el cilindro metálico como el vapor que se admite en él, a pesar de las grandes variaciones de temperatura y tensión que sufre este vapor en sus movimientos ascendentes y descendentes. Resuelve este problema ideando un condensador independiente que aún hoy perdura, aunque transformado, en todas las máquinas. Una vez inventado el condensador, llega Watt a la idea de emplear como fuerza motriz del émbolo, ya no al vapor vivo, sino la fuerza que es capaz de producir un cierto volumen de vapor encerrado en el cilindro; de ahí surgirá posteriormente la máquina de expansión.

El advenimiento de la máquina de vapor hace posible el gran desarrollo industrial característico del siglo pasado. No nos toca analizar sus consecuencias, lo importante es que el empleo del vapor no está subordinado como el del agua, a condiciones de situación y de recursos locales, ya que en cualquier zona productora de combustible se puede instalar una máquina de vapor.

La máquina de vapor estuvo más de 50 años dedicada solamente al desagüe de las minas, hasta que James Watt generalizó su uso.

Se puede decir que desde 1770 hasta 1780 la revolución industrial en Inglaterra había tomado un carácter consistente, ya que desde entonces no pasó ningún año sin que la máquina de vapor se aplicase a nuevos objetos de industria, y por su medio se fue facilitando la producción.

Se le empleó, cada vez con más lucro, en dar movimiento a las máquinas destinadas a la manufactura del algodón y de la lana. Se le empleó en ventilar minas, en la preparación del fierro, cobre y latón y otros usos más.

El enorme mérito de esta fuerza motriz consiste en su actitud, pues en sus múltiples aplicaciones vemos que el espíritu humano no había sido tan activo para inventar y perfeccionar los antiguos procedimientos de fabricación, hasta que se vio dueño de una potencia siempre dispuesta a dar el movimiento, y del combustible que la alimenta.

Sería tal vez difícil enumerar todas las operaciones que con ella se ejecutan, y los millones de seres que por ella se ven aliviados en sus trabajos (9).

Es el caso particular de la aplicación de la máquina de vapor para la explotación de las minas en México, el que nos va a ocupar en páginas posteriores.

SITUACION DE LA ECONOMIA ESPAÑOLA

Antes de entrar en materia, es indispensable analizar el estado de la economía española en el momento en que se lanza a conquistar América, ya que los antecedentes al problema que nos ocupa, se encuentran precisamente en este episodio de la historia. Sin duda alguna, en lo que pasa en las colonias se ven reflejados la política, los lineamientos, las ordenanzas y el sistema de producción y explotación minera de España.

Los acontecimientos políticos que orillaron a España a fundar un Imperio, son de sobra conocidos: uno de los motivos fundamentales fue la necesidad de renovar sus recursos económicos, por medio de la acumulación de metales preciosos que se convirtieron en la base de su economía durante aproximadamente tres siglos. Mientras que Inglaterra y otros países europeos se dedicaron a transformar materias primas en productos manufacturados, valiéndose de los medios ya analizados, España se conformó con comprar estos productos y servir de intermediaria con sus colonias creando así una política económica que, tarde o temprano, redundaría en su fracaso como nación desarrollada.

Las corrientes ideológicas renacentistas que lograron penetrar hasta el último rincón de las naciones europeas, no encontraron un campo propicio en España, ya que una serie de circunstancias políticas y religiosas impidieron su difusión. Los pocos individuos que se atrevieron a introducir las nuevas ideas a España fueron casi siempre perseguidos.

No es sino hasta la segunda mitad del siglo XVIII y específicamente bajo el reinado de Carlos III, cuando se registraron cambios de enorme importancia en la política económica de España.

Fue el intelecto de hombres de la categoría de Campomanes, Bernardo Ward, José de Campobello, Cossío Ibáñez, Alvarez Osorio, Martínez de Mata, Bernardo de Ulloa con su obra "Restablecimiento de las Fábricas y Comercio Español", Gerónimo de Ustariz con su obra "Teoría y Práctica de Comercio y de Marina", y otros, el que cambió la estructura del comercio y de los medios de producción.

Hubo necesidad de valerse de maestros y trabajadores extranjeros para llenar el vacío existente, a la vez que empezaron a mandar españoles a que recibieran un entrenamiento adecuado. Cambia la legislación y se crean sociedades como la llamada "De los amigos del País" (10), que se van a dedicar al mejoramiento

de las artes, las ciencias y la agricultura. El número de sociedades de este tipo va en aumento, hasta llegar a contarse 82 en el siglo XIX.

La importancia que llegaron a tener estas sociedades en España no se traslada a sus dominios americanos, pues se impidió su difusión por temor a que se convirtieran en focos de agitación.

El propósito de la nueva legislación era incrementar todo tipo de industrias y artesanías, además de decretar exenciones de impuestos y gabelas para los trabajadores, con el objeto de mejorar su condición.

El interés de desarrollar la producción, lleva al problema de la explotación minera y, por primera vez, se valora la importancia de los recursos naturales nacionales.

Era tal el arraigo de los antiguos sistemas de explotación minera, que cuando ya se trató de modernizarlos fue necesario reunir a técnicos extranjeros para que hicieran funcionar la maquinaria.

Con la llegada de los españoles a México, era lógico que su atención se concentrara en la minería, pues ésta podría satisfacer su deseo de enriquecerse.

Por ello, desde la iniciación de la colonia, la minería floreció y prosperó y ya para el siglo XVIII se había convertido en una

enorme fuente de riqueza. Desde luego que la favorecieron las condiciones del suelo; pero también el que los conquistadores supieran de la existencia de enormes cantidades de oro y plata, y su deseo de poseer estos metales los impulsaron a su continua búsqueda.

La política económica de España con sus Colonias tendía a fomentar la minería, urgida como estaba de medios económicos para sostener sus guerras; por eso la producción minera no estuvo nunca al amparo del crédito eclesiástico y sí protegida constantemente por una legislación que la favorecía y, además, por los ricos comerciantes convertidos en banqueros desde fines del siglo XVII (11).

Fue promulgada una ley casi inmediata a la Conquista de México, por la cual los descubridores de criaderos de oro estaban en la obligación de manifestarlo o declararlo a la "Fundición", que era una dependencia inmediata de la Real Hacienda.

Existían autoridades especiales para minería. En los años 1551, 1563 y 1575, se estipuló que tanto los indios como los españoles podían descubrir yacimientos de oro, plata y otros metales; incluso podían poseerlos y labrarlos hasta independizarse. Sólo perdían sus derechos sobre las minas si no las laboraban o las

dejaban inundar.

A los hombres de letras no les estaba permitido tomar parte en los negocios de minas. Esto se estipuló en unas leyes de los años 1572, 1590, 1619 y 1620, con el objeto de dar toda clase de privilegios y prerrogativas a los mineros. Estos eran declarados nobles e incluso podían ocupar puestos políticos, eclesiásticos y militares. Tenían el privilegio de que no podían ser apresados ni embargados en sus esclavos, herramientas de trabajo o mantenimientos en caso de deuda, con el objeto de que no se entorpeciera su trabajo.

Las materias primas e ingredientes necesarios para el laboreo de las minas estaban libres de alcabalas e incluso se les daba crédito en la adquisición del azogue.

Las ordenanzas mineras del año de 1584 fueron conocidas como "Nuevo Cuaderno" y estaban basadas en la ley minera de Alemania. Los minerales que se hallaban en lugares públicos, tierras o posesiones de los vasallos, causaban regalías al soberano. Las producciones minera o parte de ellas se destinaban para rentas del Estado. En España lo declaró así el Rey Don Alfonso el Sabio.

También se otorgaba a los vasallos particulares, la facultad

de trabajar las minas bajo ciertas condiciones y contribuyendo con una parte de los metales, pues siempre se ha considerado que los fondos del erario no se deben exponer a la suerte de estos trabajos. En España se emitió por primera vez una ley a este respecto en el año de 1387, por el Rey Don Juan I.

En lo que respecta a América, se concede descubrir y beneficiar minas a todos los Españoles e Indios vasallos del Rey, en la Ley 1a. Título 19, Lib. 4, de Indias. Por esta ley los vasallos hacen suyas las minas en propiedad y profesión, pero no adquieren un dominio perfecto y absoluto para poder usar y disponer de las minas a su arbitrio y voluntad, sino limitado y modificado. Por eso la corona mantiene siempre el dominio radical; de aquí que la mina puede perderse por una breve caducidad en el tiempo prescrito por las ordenanzas, en cuyo caso, o en el de haber sido voluntariamente abandonada o desierta por más largos años que los que bastan para la ordinaria prescripción, no la adquiere el primer ocupante, aunque sea su antiguo dueño, sino que necesita que nuevamente se le conceda la corona, de cuyo dominio original jamás pudo entendersele separada ni perdida. Y también porque la intención de los reyes no ha sido abdicarse eternamente de la regalía de las minas a favor de sus vasallos, sino sólomente hacerles partícipes de ellas (12).

Hasta mediados del siglo XVI la Corona recibía el 20%, o quinto real, de todos los metales que eran extraídos de los minerales. Más tarde se redujo al 10%, y a fines del siglo XVIII, la plata sólo pagaba un 11-1/2%, y el oro 3%.

Centros Mineros.

Los principales centros mineros de la Nueva España se localizaron en Guanajuato, Catorce, Zacatecas, Bolaños, Sombrerete, Taxco, Batopilas, Zimapán, Fresnillo, Ramos, Parral y Real del Monte, en Pachuca.

Los centros mineros se desarrollaban junto con la agricultura y, desde luego, creaban centros de población, en los cuales los mineros constituían el grupo de consumidores. La vida de los trabajadores mineros era pobre y llena de peligros.

Las zonas donde se obtenían metales se localizaban geográficamente en la siguiente forma:- había oro en México, Hidalgo, Michoacán, Chihuahua, Jalisco, Zacatecas y Guanajuato. La plata se encontraba en Hidalgo, Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Sonora, Durango y Guanajuato. Entre ellos eran famosas las vetas de Catorce, Bolaños, Guansamey, Sombrerete, Taxco, Batopilas, Ramos, Parral y Fresnillo.

El plomo se obtenía en Chihuahua, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí y Durango; el zinc en Chihuahua, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León e Hidalgo (13).

Legislación Minera.

Las minas se regían por leyes que procedían de la Edad Media, por las cuales las minas pertenecían al Rey, y sólo él podía explotárselas. Fue Carlos III quien modificó este concepto por una Ley que emitió en el año de 1780. En ella se concedían ventajas a los interesados en la explotación de minas de carbón.

Incluso Jovellanos, en 1791, dirigió al gobierno, por escrito, peticiones en las que solicitaba libertad absoluta para explotar las minas, sin otra limitación que la del derecho de propiedad. Propuso que personas en privado explotaran los minerales cuando los hallasen en terrenos propios y que, en caso de descubrimiento, la mina correspondiera a los vecinos, y no se podría tener título legal para trabajarlas sin llegar a un acuerdo con el dueño del terreno. Las ideas de Jovellanos se impusieron, y así, en el año de 1789, Carlos IV publicó una Real Cédula sobre minería, incluyendo las aclaraciones de los años 1790-1792, que otorgaron libertades y facilidades para las explotaciones y el comercio.

En la ciudad de Gijón se estableció un centro de estudios es-

peciales relacionados con la industria minera, llamado el Real Instituto Asturiano.

Pero el obstáculo enorme para el desarrollo de la minería eran las supersticiones. Existía repugnancia, e incluso temor por trabajar en el fondo de la tierra. El movimiento de la Ilustración decae, y el proceso de la minería retrocede hasta estancarse. Su Renacimiento sólo se inicia hasta el siglo XIX, al surgir la Siderurgia en gran escala.

Ordenanzas de Minería.

Se crearon con el objeto de otorgar un buen gobierno al Tribunal de Minería. Su creación y cumplimiento se ordenó por la Real Cédula del 22 de mayo de 1783. Ya en el año de 1781, Velázquez de León y Lassaga informaron a la Corona de la situación de atraso en la minería, y sugirieron la formación del Tribunal de Minería, creándose, posteriormente, el Colegio de Minas.

Las ordenanzas de Minería se promulgaron en 1784, y los mineros pidieron "No sólo constituirse en cuerpo, sino establecer Bancos de Avío para fomento de las minas, crear un Colegio de Metalurgia para prácticos, que construyesen máquinas y ejecutasen otras operaciones de la facultad, y que se formase un Nuevo Código de Ordenanzas de Minería" (14).

Por las ordenanzas se establecía que los yacimientos eran propiedad de la Corona y que el Rey los concedía para laborarlos por individuos o compañías. Esta idea de que las riquezas del subsuelo son patrimonio del soberano data de la Edad Media. Al Estado le correspondía fiscalizar el laboreo, la ventilación y el desagüe de las minas. Estas se debían trabajar, lo mínimo, 26 semanas al año.

Por estas ordenanzas se dispuso la creación del Banco de Platas o de Avío, no en forma de monopolio, sino como auxiliar a la minería, y para fomentar su desarrollo.

Hay que señalar que si algún particular quería habilitar una mina, tenía preferencia, en iguales circunstancias, frente al Banco.

En el Artículo 16 de la Ordenanza, se estipulaba que con el producto de los $\frac{2}{3}$ de real por cada marco, que habían de pagar sin excepción todas las platas que se introdujeran en las Casas de Moneda de la Nueva España, o que se remitieran en pasta a la Península, debía formarse un fondo especial para la minería. A cargo del Real Tribunal de Minería quedaría la administración.

Salarios Mineros

El minero ganaba, al iniciarse el industrialismo, aproxima-

damente 5 reales (más que el agricultor). Debido a la escasez de brazos, cuando ésta se agravaba, aumentábanse los salarios a 7 u 8 reales. Pero el promedio del salario normal de un minero era en el siglo XVIII de 6 reales.

En el año de 1767 una ley dispuso libertad de contratación entre obrero y patrón. Fué éste uno de los errores de las ideas económicas de la Ilustración, pues en su afán de otorgar libertad e independencia a todos, colocó a los trabajadores a merced de los dueños de la riqueza, quienes imponían salarios de hambre. Este criterio prevaleció hasta el siglo XX.

Desde tiempos muy remotos los barreteros recibían como salario la cantidad de cincuenta centavos diarios como remuneración por el trabajo que realizaban, el cual era impuesto por los capataces.

Al concluir su tarea, a la que adaptando una palabra náhuatl, se le llamaba tequio, el barretero continuaba su labor extrayendo de las minas la mayor cantidad de material que le era posible. Lo obtenido por ese trabajo extra, lo compartía el trabajador con el dueño de la mina, por partes iguales. La denominación de este trabajo extraordinario era "trabajar a partido" (15).

Tribunal de Minería.

Cuando los mineros se encontraron con el problema del desahucio, no pudieron cubrirse los gastos de la explotación minera, en vista de la fuga de capitales a otros campos. Se señalaba la negligencia, desorden y carencia de conocimientos técnicos de los mineros, que en cuanto podían, se retiraban de este tipo de ocupación. Sólomente los hijos de los mineros, sin otra herencia que las minas, perseveraban en este trabajo.

Incluso los Bancos de Plata, que eran casas de mercaderes encargados de habilitar a los mineros con dinero y efectos, dejaron de existir cuando en 1760 dejó de funcionar la última de ellas. El problema de los mineros era el de encontrarse sin ningún apoyo económico con qué afrontar sus necesidades.

Para atenuar estos problemas e impulsar la minería, cosa que preocupaba mucho a España, puesto que su entrada principal de la Nueva España provenía precisamente de las minas, se creó en el año de 1777 el Tribunal de Minería, reuniéndose los diputados de los principales reales de Minas para proceder a la erección formal del cuerpo. Nombraron como Administrador General a Juan Lucas de Lassaga, y como Director a Don Joaquín Velázquez de León, eligiéndose al mismo tiempo a los demás individuos que debían

componer el Tribunal General.

Esta Institución daría créditos a los mineros con fondos del Estado. Entre sus funciones estaba la de habilitar a los trabajadores. Para el año de 1782 se había abierto un crédito de un millón de pesos.

La existencia de esta institución fue motivo de que muchos comerciantes cambiaran la inversión de su dinero hacia otras ocupaciones.

El Tribunal hizo venir a un grupo de expertos mineros alemanes para que trabajasen en distintas regiones, enseñando sus técnicas a los mineros de la Nueva España. El grupo fue dividido y enviado a trabajar en diferentes Reales de Minas, como Taxco, Guanajuato y Zacatecas.

Estos mineros extranjeros trataron de imponer mejoras, como el uso de ciertos malacates para el desagüe, pero fracasaron. Incluso quisieron impulsar la práctica del beneficio de metales por el método del Barón de Born; pero resultó mejor el de Patio, ya conocido en México. Hicieron trabajar minas que estaban inactivas, por medio de una máquina de tambor que facilitaba la ventilación.

En el año de 1791 se rindió un informe de cada uno de los lu-

gares en donde habían trabajado. Las comunicaciones indicaban que habían introducido el uso de herramientas más cómodas; que ahorran tiempo y aumentaban la extracción del mineral; y habían impuesto, además, el método de barrenar de Sajonia. En Zacatecas, enseñaron un nuevo descubrimiento para beneficiar lamas y sales; pero en Oaxaca se opinó que éste método ya era conocido.

El Tribunal de Minería dijo reconocer la utilidad de los mineros alemanes, y a la vez conocía las dificultades con que habían tenido que enfrentarse en el país, tales como la obstinación de los operarios y de los dueños de minas, que no estaban dispuestos a abandonar sus costumbres para cambiarlas por nuevos métodos.

El Segundo Conde de Revillagigedo, en su "Instrucción Reservada", afirmó que los métodos importados era necesario adaptarlos a las necesidades y medios con que contaba la minería de Nueva España y que era necesario reforestar los montes, abrir caminos e introducir aguas donde eran escasas; facilitar la adquisición de utensilios e incluso establecer premios para los descubridores de nuevos inventos, ya que en ésto se emplearían mejor los fondos del Tribunal de Minería.

El problema suscitado por la presencia de los técnicos en minería no lo pudo resolver el Tribunal, ya que para principios del

Siglo XIX éste estaba en quiebra. Pero a él se debe la promulgación de las nuevas ordenanzas de Minería de la Nueva España y también el establecimiento de la Escuela de Minas, cuya aspiración era acabar con el empirismo y formar técnicos.

Al finalizar el dominio español, era Director del Colegio de Minería Don Fausto Elhuyar, quien había hecho en Alemania y Francia una carrera distinguida en las ciencias, y entre los catedráticos se señalaba Don Andrés del Ríó, quien había adquirido grandes conocimientos en los mismos países y había publicado en México el primer tratado de Mineralogía impreso en lengua castellana.(16).

La Producción Minera en Nueva España.

Durante el período de la dominación española en México, desde la época en que Cortés forzó su entrada a Tenochtitlán hasta que el libertador Iturbide entró a la capital de México, la producción combinada de oro y plata en las minas de Nueva España fué probablemente superior a 25,000 millones de pesos como total; y durante el período de 300 años, de arriba de \$150 por minuto.

Una fracción importante de ésta producción total se pagaba directamente a España, mediante un impuesto llamado el quinto,

por el que se declaraba que la quinta parte de toda la producción metálica de las Indias, sin deducción de impuestos, debería pagarse al tesoro real. Sin embargo, cuando así le convenía a la Corona, podía reducirse a una décima parte y en ocasiones a una vigésima y aún desaparecía por completo.

El aumento de producción significaba el de la renta. Por ello la Corona siempre estaba alerta para obtener y presionar por una producción mayor, no sólo por la ganancia personal sino porque España también se beneficiaba debido a su monopolio comercial por el que obligaba a todos los colonos a comprar todo en la Madre Patria. Por ello una gran parte del tesoro de México, que originalmente era de particulares, eventualmente llegaba a España; de ahí que entre más riquezas se sacaran de la tierra, más habría para compras en España.

La cantidad de metales que fluía de América fué tal, que causó un alza de precios sin precedentes en España en el siglo XVI, alteración que más tarde dañó todo sus sistemas económicos.

En el año de 1600, el dinero que realmente llegaba a España disminuyó temporalmente, pero otros factores contribuyeron a la inflación y de ahí en adelante toda Europa se vió envuelta en una revolución general de precios. Esta condición inflacionaria persistió

tió en España durante toda la colonia y coadyuvó a que el país se encontrara en un estado depresivo.

Así, al llegar al poder Carlos III en 1759, queriendo llevar a cabo un plan de reformas en su país, se encontró con que no había suficiente dinero para financiar sus proyectos. A pesar de que el tesoro de las Indias era tan grande como siempre, era necesario más, y la mejor manera de conseguirlo era aumentando el flujo de minerales provenientes de la Nueva España, ya que aumentando los impuestos no se reuniría la cantidad necesaria, lo que sí se lograría aumentando la producción. Por ello Carlos III y sus ministros enviaron sus misiones europeas con instrucciones de concentrarse en aumentar la producción.

De aquí que era necesario trazar la historia de la minería en México hasta el momento en que a Don Fausto Elhuyar, Presidente del Tribunal de Minería, en 1785 se le ordenara organizar sus misiones. Unos años después se sometió también a su opinión la conveniencia de introducir la máquina de vapor en México.

La tradición nos dice que los mexicas ya trabajaban en los depósitos de dos de las áreas más ricas de México, que eran Taxco (viejo) y Real del Monte (Pachuca). A la llegada de los españoles éstos aumentaron la producción tan rápidamente como les fué

posible, e incluso presionaron para la búsqueda de áreas nuevas. Así, para mediados del siglo XVI, ya habían descubierto Catorce, en San Luis Potosí, además de dos distritos en Zacatecas y, el más importante de todos, en Guanajuato.

Por lo que concierne a la industria minera, los mexicas no sólo conocieron la explotación de los minerales a flor de tierra, sino que abrieron pozos y trazaron galerías en las profundidades de ella. No conocieron el hierro o no lo explotaron. El cobre lo utilizaban en forma preponderante y lo aleaban con el estaño para endurecerlo. Conocían las operaciones de vaciar, grabar, cincelar y esculpir los minerales. Su platería era famosa, al igual que sus trabajos de lapidaria. Los indígenas beneficiaban ya los metales antes de la llegada de los españoles.

A pesar de que a España se le conocía como un país con industria minera, la corona nunca había elaborado un programa bien definido y legal; por ello la Madre Patria no podía aportar un sistema organizado que se implantase en la Nueva España. Sin embargo, la minería prosperó desde los primeros años de la Colonia, por el interés que los españoles particulares y el gobierno pusieron en ella.

Los españoles trajeron consigo el conocimiento técnico exis-

tente en su país en la primera parte del Siglo XVI. Para medir su importancia hay que considerar que los dominios de Carlos V también incluían las regiones minerales alemanas y éste conocimiento era el mejor que existía en toda Europa.

Desgraciadamente España no avanzó gran cosa en la técnica minera en los dos siglos siguientes; y hasta la época de Carlos III fué muy poco lo que trató de aprender de las nuevas técnicas impuestas en otros países. Por ello, en el año de 1802 Humboldt encontró la industria minera en Nueva España todavía en pañales, como lo prueba el dato de que muchos mineros usaban herramientas anticuadas similares a las que empleaban los alemanes en la época de Carlos V.

Pero en lo que se refiere a refinamiento de los metales, que es la otra rama técnica de la industria, México no usaba los viejos métodos españoles. Cuando se comprobó que los procesos para fundir y refinar eran inadecuados, la Nueva España desarrolló un proceso nuevo. Este fué el importante método de la amalgamación o "beneficio de Patio".

En nuestro estudio es importante señalar las leyes que ofrecieron reducciones en los impuestos por el descubrimiento de minas y los que requerían que las minas, una vez descubiertas y de-

nunciadas, se mantuvieran en operación continua. La reducción de impuestos se garantizaba generalmente con el oro sacado a la superficie de las nuevas minas o inclusive con el producto refinado que se presentaba en la casa de moneda. Además, la persona que registraba la mina tenía que trabajarla de inmediato o perdía el título; de ahí que, entonces, la industria minera se desarrollase a base de minas individuales. Muchas de éstas minas que operaban con poco capital hubieran dado mayor rendimiento si hubieran sido parte integral de una operación en grande.

Es difícil saber exactamente la extensión de las operaciones mineras en México durante un lapso determinado, ya que se exigían solamente cuatro personas para trabajar en casi cualquier capacidad de una mina durante cuatro meses consecutivos. Gran número de las minas trabajaban muy poco, solamente lo necesario para que los dueños pudieran tener el título. Por ello, autoridades como Humboldt, del Rfo y Ward que se ocuparon de escribir sobre la primera parte del siglo XIX, no se ponen de acuerdo sobre el número de minas existente, estableciendo la cifra de 3,000 a 5,000 (17).

Se deben hacer, sin embargo, observaciones de tipo general sobre las minas. En primer lugar, las minas en bonanza de la se-

gunda mitad del siglo XVIII, no se encontraban en territorios nuevos sino en depósitos abandonados, de viejos y bien trabajados distritos. Aunque parezca sorprendente, así era; pues durante dos siglos en la región del Norte se habían puesto al descubierto áreas de inferior valor, comparadas con las de Guanajuato o Zacatecas; por ello parece ser que las oportunidades de los mineros en el siglo XVIII para obtener grandes riquezas no eran mejores en las áreas nuevas que en las viejas; pensaban que no tenían necesidad de sufrir las incomodidades de Sonora y Chihuahua, influyendo también la completa ignorancia de la geología subterránea que no mostraba a nadie en realidad si una sección abandonada era realmente insertible o si al tratar de iniciar un nuevo túnel o seguir excavando en uno viejo, tratando de sacarle el agua que lo había inundado, tropezaría con filones ricos en mineral.

La opinión generalizada en el siglo XVIII, era la de que la minería era una lotería y tres de los mineros más famosos que se atrevieron a trabajar las viejas áreas recibieron magníficos premios. Ellos fueron: - Obregón (después Conde de la Valenciana), - quien descubrió La Valenciana, la mina de plata más rica del mundo en el viejo y muy trabajado Guanajuato; el Conde de Regla, que se hizo multimillonario al encontrar nuevas vetas en secciones

de Pachuca en las que nadie había puesto atención; el tercero fue José de la Borda, quien no sólo se recuperó de deudas que contrajo al construir la Catedral de Taxco, sino que además amasó una enorme fortuna al seguir el túnel principal de la vieja mina La Esperanza, en el abandonado distrito de Zacatecas.

Todos estos éxitos se llevaron a cabo durante el reinado de Carlos III; y desde luego influyeron en la decisión del monarca, de animar la explotación científica de las áreas ya trabajadas.

Los reyes de España constantemente reafirmaban la vieja ley civil que decía que todos los depósitos minerales pertenecían a la Corona, aunque en la práctica nunca hicieron de la minería de la plata un monopolio, sino que favorecían la explotación mediante empresas privadas. Por ello los mineros habían desarrollado a través de los siglos un grado de seguridad e independencia que era raro en las colonias dependientes de España.

Las consecuencias de la falta de sistema y de organización eran evidentes, incluso los mineros habían empezado a afirmar que la industria estaba trabajando sólo a un tercio de su capacidad, debido a la falta de orden, pues a medida que las minas se hacían más viejas y más profundas, los costos iban rápidamente en aumento, siendo desproporcionados con respecto a la produc-

ción. La ley de la reducción de ganancias estaba empezando a regir, particularmente en las minas más ricas y grandes.

Las operaciones bajo tierra en la Nueva España se denominaron "Sistema de Rato" o "Sistema de Momento". Este sistema, o mejor dicho aún, esta falta de sistema, originalmente era debido a la ignorancia general de la Geología y especialmente a la del subsuelo. Hay que señalar que los conocimientos sobre este particular emanados de las ideas de Wemer, se conocieron en Europa en 1791 y en México sólo fueron difundidos hasta 1794 por Don Andrés del Rfo. Este conocimiento permitía al minero leer como si fuera un libro la historia que las rocas le mostraban; diferentes tipos de roca en diferentes agrupaciones predecían no sólo la presencia de vetas con mineral, sino su carácter, dirección y extensión. Sin el conocimiento de las ciencias de la tierra, la minería mexicana se había convertido en un negocio de "dar o errar" basado únicamente en la experiencia aprendida o heredada.

Sin embargo, la experiencia de los mineros mexicanos para seguir vetas era asombrosa e incluso excitó la admiración de la mayoría de los europeos que examinaban minas en los finales del siglo XVIII y en los días que siguieron a la Independencia, admirando muchos de ellos su pericia bajo tierra que los colocaba a la

altura de los mineros de Comwall o Alemania.

Las vetas más famosas estaban muy abajo de la superficie de la tierra y se llegaba generalmente a ellas por grandes túneles. En las minas mexicanas el problema de los tenateros no era tanto el tener que ir por pasadizos angostos, sino el de subir miles de escaleras hasta llegar a la superficie, haciendo estos ascensos en ocasiones a través de túneles inclinados en un ángulo de 45°; pero eran aún más comunes los "chicken ladders", que consistían de grandes troncos de árboles juntados para formar escaleras muy rudimentarias que se recargaban a un lado del tunel, ligeramente fuera de la perpendicular.

Desde estas profundidades hasta las afueras de las minas, miles de estas virtuales bestias de carga subían y bajaban con mineral, agua, desperdicios o comida, durante jornadas de hasta 10 horas. Usar este sistema de transporte era un desperdicio de hombres y dinero; pero las poleas manejadas por caballos o mulas llamados malacates, también lo eran.

Donde los túneles eran casi perpendiculares y bastante profundos, y donde las inundaciones eran particularmente malas, estos malacates hubieran sido buena solución al problema; pero en su mayoría estaban pobremente diseñados y construidos con mucho

descuido, además de mal localizados y operados con poca economía (18).

El Malacate aplicado a la Minería. - Consideraciones sobre el Problema del Desagüe.

"Malacate" viene del vocablo mexicano "malacatl", huso, cosa giratoria; y es un cabrestante movido por caballerías. Cabrestante es un torno colocado verticalmente para mover piezas de mucho peso y cuyas palancas operan en la parte superior, arrollándose la maroma o cable en el cilindro que está en lo bajo (19).

Don Antonio Alzate, en la "Gaceta de Literatura", nos describe el malacate diciendo: - "Es de extrañar que en más de 200 años que se laboran las minas no se haya dado un paso adelante en su desagüe. El cabrestante que llaman Malacate ha sido el único asilo en semejantes ocurrencias: su inutilidad se manifiesta si se considera el dilatado tiempo que es necesario para que la soga en rede en el malacate y que la cantidad que se extrae no puede ser suficiente en muchas ocasiones, porque si v.g. se sacan veinte arrobas de agua, es muy probable el que por los manantiales entre la misma o mayor cantidad".

El malacate que usaban los mineros mexicanos para desaguar sus minas, era de inferior rendimiento a los que se fabricaban

en Europa (20).

Un malacate está constituido por una devanadera movida por caballos en la que se enredan en sentido contrario dos cables gruesos, sucediendo en ocasiones que es mayor el peso del cable que el de la bota llena de agua, ya que la primera vara sufre el peso de la bota, la segunda el de la bota también y el de la vara del cable y así, en proporción hasta lo profundo del tiro. Puesto que la primera vara del cable sólo sostiene a la bota, debería por tanto dar el sólo grueso necesario para que no se rompa, y a la segunda el proporcionado para que sostenga la bota y techo correspondiente y disponer en esta forma los cables; entonces las sogas deberían ser cónicas y ahorrarían mucho material, además de que los caballos no tendrían que experimentar el tremendo peso por disponer las sogas de un diámetro igual.

Contra el agua, ha tenido que combatir el minero en todas las épocas. Allí donde el hombre abría una galería en la mina, rezumaba el agua y cuando quería hacer un pozo encontraba agua. El agua estaba en todas partes y el minero no lograba llegar hasta el mineral si no dominaba antes el agua. La quitaba con pozales y si no bastaban hacía debajo de la primera galería una segunda galería, y dejaba correr por ésta el agua al exterior. Había que desaguar y

ventilar la mina; donde no había bastante aire puro se apagaban las luces del minero y éste no podía respirar.

El primer perfeccionamiento de la técnica minera es la ventilación y el desagüe prácticos. Se obtenía abriendo en la mina una gran galería que de momento no servía para extraer mineral sino solamente para ventilación y desagüe. Construir esta galería era sumamente costoso porque de momento no procuraba ganancia alguna.

Las minas más importantes de Nueva España, a pesar de su enorme riqueza, no tenían galerías de desagüe. No obstante que la cantidad de agua que se filtraba por las abras de la roca porfirica de las minas era muy abundante, eran imperfectos los medios de desagüe; ello incluso obligaba a los mineros a abandonar las obras que todavía no habían profundizado sino 120 metros.

Existió en México, como ya mencionamos en las páginas anteriores, la costumbre de desaguar las minas más profundas, no por medio de equipos o sistemas de bombas, sino por medio de cubos de cuero suspendidos por medio de cuerdas que se enrollan en el tambor de un malacate. Los mismos cubos sirven a voluntad para sacar ya el agua o bien el mineral; se golpean con las paredes de los tiros y por esta causa es muy difícil y costosa su conservación.

Algunos de estos cubos de cuero sólo duran de 7 a 8 días y cuestan sobre 6 francos y a veces 8 o 10. Un cubo de agua colgado del tambor de un malacate doble, éste es, de 8 caballos, pesa 560 kilogramos y consta de dos cueros cosidos uno con otro. Los cueros que se usan para los malacates sencillos, éste es, los movidos por 4 caballos, no tienen sino la mitad del volumen y están hechos de un solo cuero. En general, la construcción de los malacates es muy imperfecta y hay además la costumbre de forzar las caballerías que los mueven a correr con demasiada velocidad.

Según Humboldt, en el Real del Monte la velocidad llegaba a los 3.2 metros por segundo; en Guanajuato, en la mina de la Valenciana, era de 4 a 4.25 metros y en los demás reales era siempre de más de 2.4 metros (21).

Don Salvador Sien, Catedrático de Física en México, ha probado en una memoria muy importante sobre el movimiento giratorio de estas máquinas, que a pesar de la extrema ligereza de los caballos mexicanos, éstos no producen en los malacates el máximo de su efecto, sino cuando al desarrollar una fuerza mayor de 80 kilogramos marchan con una velocidad de 1.5 a 1.8 metros por segundo.

El costo de estos malacates con que se sacaba el agua, as-

cendía en esa época a más de \$150,000 anuales, pues era necesario utilizar gran número de caballerías, en algunos casos hasta 40. Muchas minas eran abandonadas porque los gastos del desagüe no compensaban su laboreo.

Muchas veces se suspendía el trabajo en ciertas vetas para no desaguar, tratando de reconocer el criadero en otros puntos donde hasta ese momento no se había empezado a inundar.

Se deduce de los datos anteriores, que el capital requerido para desaguar las minas era elevado y muchas de ellas se abandonaban por falta de recursos económicos.

Por lo general el minero no era rico y el que había conseguido reunir una fortuna en las minas, no invertía su dinero en ellas, Los capitales se invertían en la compra de fincas y en ganado, considerando que estas inversiones proporcionaban un bienestar más seguro y fácil.

No había quien ayudara a los mineros en necesidad. Los comerciantes en algunos casos prestaban dinero sobre ganancias seguras, pero casi nunca se aventuraban en circunstancias en que su dinero peligrara. Las órdenes religiosas y la iglesia nunca invirtieron su dinero en negocios de minería.

Don Joaquín Velázquez de León, una autoridad sobre el te-

ma, nos describe así el malacate y opina sobre el uso de otras máquinas para lograr el desagüe de las minas: "El malacate es una especie de tomo o cabrestante fuerte, sencillo y cómodo y que fácilmente se adapta a las circunstancias de cualquier mina. Su potencia es grande y considerable su efecto, pero uno y otro se disminuye en proporción que crece la profundidad, ni su artificio mecánico permite aumentar sus efectos menos que multiplicando la máquina y ampliando el tiro. Su velocidad tampoco puede ser mayor que el galope de las bestias que lo tiran siempre agitadas: De lo que se infiere que deben ser gravísimos sus costos.

"En fin, teniendo éstos y otros defectos todavía pueden enmendarse algunos con bastante provecho y, por otra parte, no es muy fácil aventajar sus buenas cualidades usando otra máquina, porque en cualquiera que se piense o ha de ser meramente mecánica como el Malacate o hidráulica como las bombas.

"Aquellas es difícil que aunen una gran fuerza de movimiento a la sencillez y buena conservación que necesita y las otras, en que se usa del equilibrio, la gravitación y compresión del agua y del aire, necesitan de grandes cañones de metal y otras piezas delicadas que no pueden verificarse por ahora en estos países, donde experimentamos que no alcanzan las artes menores empresas.

"Las máquinas de desagüe tienen muchos inconvenientes, así importa que tengamos noticia, inteligencia y exacta descripción de diferentes máquinas que se usan en otras partes del mundo.

"Es según entiendo, la más célebre aquella por M. M. Savie-
reu Bellidon, en que se aplica en lugar de potencia el mismo aire atmosférico con su fuerte gravitación y dilatación, solicitada por el fuego de una hornilla y el vapor de una especie de alambique. La idea es de las más ingeniosas que pueda discurrir el entendimiento humano y aunque tardaron muchos años en verificarla al por mayor sus inventores, repitiendo y enmendando muchas veces su fabricación, a costa de grandes gastos y mucha constancia, al fin lo lograron y se halla hoy únicamente en Alemania, Francia, Inglaterra y otras partes de Europa. Su construcción es considerablemente costosa y bien difícil. Su uso y conservación es fácil y no de mayor costo y sus efectos portentosos y ventajosísimos sobre cualquier otra.

"Hace cuarenta años que a un distinguido joven de esta ciudad le sugerí que hiciera un estudio sobre esta máquina demostrándole el artificio de Newcomen que es el mejor y auxiliándole en lo posible la ha verificado en pequeño y la ha conocido tan bien que tal vez la lleguemos a ver en América en corriente, aunque sean menores sus efectos, que los logrados en Europa" (22).

LA TECNICA HIDRAULICA EN NUEVA ESPAÑA

1575 - 1804

La historia de la Minería en la Nueva España, desde el punto de vista técnico, se desarrolla junto con los grandes esfuerzos que se llevaron a cabo para extraer enormes masas de agua de las minas, ya que al inundarse era imposible continuar el laboreo en ellas, con la consiguiente pérdida de valiosas vetas que quedaban sepultadas en el momento en que el tiro tropezaba con los hidrofiliacios. Poco es lo conocido hasta ahora de los métodos y técnicas que se usaron para lograr vencer este obstáculo.

La importancia de este tema es capital pues constituye uno de los capítulos más interesantes de la historia económica de México. Los conocimientos que tenemos al respecto son los siguientes:

Desde que se inició la Conquista se explotaron las minas y el problema del minero era el agua que las inundaba. A partir del 24 de Octubre de 1575 se intentó buscar solución a este problema. En esta fecha el Virrey Martín Enríquez dictó una providencia con el objeto de que "ante el Alcalde Mayor de las Minas de Zacualpan

y dos mineros se haga la industria que profiere Cristóbal de Iranzo".

Cristóbal de Iranzo se llamaba a sí mismo con el título de "maestro de hacer ingenios para desaguar minas". Había llegado a Nueva España con el deseo de aplicar un procedimiento ideado por él en minas "aguadas a cualquier hondura". Este era un problema real, pues gran número de minas se encontraban abandonadas por inundación parcial o total de los túneles.

El experimento de Cristóbal Iranzo se probó el día 10. de Febrero de 1576 en la Mina de "El Cabrestante", propiedad de Benito Hernández y Leonardo Fragoso, siendo testigos de él el Alcalde Mayor Don Antonio Velázquez y Alonso Gómez.

Existen diligencias en las que se describe el experimento en la forma siguiente: "Había cantidad de agua y en dicha agua estaba asentada una bomba de 2 brazas de largo, y en la dicha bomba por bajo del cucho de ella como una braza de la boca estaba encajado y engerido un cañón de madera, y encima de aquel cañón estaba otro cañón de madera, y así iban prosiguiendo los dichos cañones, engeridos de uno en otro hasta subir a lo alto y fuera de dicha mina, y habiendo medido los dichos cañones desde lo más alto de ello hasta el cañón que estaba engerido en la dicha bomba tuvieron

dieciseis varas y media, de vara de medir marcada, y encima de dicha bomba estaban puestos dos estantes de madera con una viga que atravesaba por encima, y en los dichos estantes estaba puesto un eje de madera a manera de eje de campana, del dicho eje estaba pasado un madero hacia abajo donde estaba la dicha bomba que sería una braza de largo, poco más o menos, y al cabo de dicho madero estaba puesto un trozo de madera pasado por él, a manera de mazo que estaba en el aire, y encima del dicho trozo estaban unas piedras grandes que pesarían todo ello seis arrobas poco más o menos, y por el dicho eje, junto a este dicho mazo estaba pasado el guimbalete (sic) que hace el ancho de dicha bomba.

"E por el dicho señor Alcalde visto lo susodicho mandó que diesen a dicha bomba, y tres indios tiraron del dicho guimbalete (sic) la dicha bomba, enpesó, a sacar agua. Visto ésto por el dicho señor Alcalde Mayor e los susodichos Antonio Velázquez y Alonso Gómez tomaron a subir a lo alto de la dicha mina, y estando fuera de ella vieron que por los dichos caños y artificio subía y subía cantidad de agua, e salió fuera de la dicha mina, y el dicho Señor Alcalde Mayor e los susodichos estuvieron espacio de más de media hora de reloj viendo salir la dicha agua, y entre este tiempo nunca cesó de salir, por manera que contando de lo bajo de

la dicha bomba a donde está asentada, hasta lo más alto de los dichos caños, a donde despide el agua hay veinte varas y media, de vara de medir marcada, tras lo cual sube la dicha agua por el dicho artificio, hasta que sale fuera".

Por los resultados obtenidos por Iranzo con su bomba hidráulica, el Virrey le concedió el 15 de Febrero de 1576 el privilegio de que "por tiempo de quince años, que corran o se cuenten desde el día de la fecha en adelante ninguna persona de cualquier calidad que sea, sin su consentimiento o de quien su poder hubiere, no pueda usar ni use del beneficio de la dicha invención o invenciones tocantes al desaguar minas en toda Nueva España, por la forma o manera de la de suso declarada, o de otra cualquiera que el inventare o usare para este efecto, siendo la principal e las de más, nuevas no vistas ni usadas en esta dicha Nueva España, e la persona que usare de las dichas invenciones le de y pague por cada mina que desaguar veinticinco marcos de plata quintada, con los cuales se le acuda al dicho Iranzo, y a quien su poder hubiere, e los que lo contrario hicieren, sean compelidos por las justicias en cuya jurisdicción sucediere a la par del dicho interés sin tener remisión, de manera que no sea el dicho inventor defraudado de lo que le pertenece, de lo cual goce e se le acuda como por el se pi-

de desaguándose cualquier mina o minas que estuvieren a las estacas o cercanas de la principal que se desaguare, aunque se desagüen las tales minas por sólo la cara o boca de la principal, que para la ejecución o cumplimiento de ello di poder cumplido cual en tal caso requiere a las dichas justicias" (23).

Quien sucedió al Virrey Enríquez fue Don Lorenzo Suárez de Mendoza el 10 de Septiembre de 1580. Ordenó al Alcalde Mayor de Pachuca que se examinara el invento de un indígena llamado Don Juan de Pomar quien al comunicarse con el Virrey había manifestado lo siguiente:- que había logrado "fabricar y hecho un modelo e invención nueva, para que con facilidad se puedan desaguar las minas, que por estar anegadas no se benefician, que son muchas, y para subir de lugares bajos y profundos el agua a lo alto, que se rá en gran pro y utilidad de la república y aumento de los reales quintos". Tal vez por el antecedente del invento de Iranzo el estudio de este artificio no se consideró ni se llevó más adelante. No se han encontrado noticias posteriores a la orden del Virrey Suárez de Mendoza (24).

En el año de 1602 Don Miguel de Vídaña y Lucas Pérez solicitaron privilegio para aplicar su invención por medio de la cual habían logrado desaguar minas riquísimas en la zona de Tepoxtati-

tlán hasta entonces abandonadas por no poderse laborar; en estas minas se había intentado por cuantos medios entonces conocidos, desalojar las aguas pero había sido inútil.

Se aplicó una bomba, pero por desgracia no poseemos descripción alguna de ella. Vidaña y Pérez, la calificaban como bomba "cerrada". Todos los testimonios existentes nos confirman su eficacia, que se comprobó en las Minas del Real del Monte (25).

Para el año de 1760 el problema de la inundación de las minas en Nueva España se describía en la siguiente forma:- "el menoscabo de los quintos de las minas de oro y plata de la Nueva España y el Perú procede de la mucha agua que hacen, en que se gasta mucho para desaguarlas de que resulta que los dueños las dejen y desaparen totalmente, en grave daño y pérdida de la hacienda real". España, preocupada por este serio problema de la inundación de las minas, dió orden para que se examinara un invento que se puso a consideración del Rey por Don Francisco de Orodeas. De este intento para transformar la técnica hidráulica en la minería novo hispana, no existen noticias, a pesar de las diferentes diligencias que se llevaron al respecto, con el objeto de cumplir la orden de España el Virrey no logró localizar al inventor de ella llamado Orodeas, incluso se cursó una Real Cédula fechada el 25 de

Mayo de 1671 en que el Excelentísimo Marqués de Manzanera, Virrey de la Nueva España, habiendo recibido y obedecido esta Real Cédula mandó se guarde y cumpla y ejecute como en ella se contiene, para lo cual sea buscado Don Francisco de Orodeas y se le haga notoria y que en su obediencia proponga a su majestad con toda distinción y claridad el medio que dice haber descubierto para desagüe de Minas. Pero como ya mencionamos anteriormente Orodeas no fué localizado.

En el año de 1724, en la mina del Jacal, uno de los propietarios de ella, don Manuel León, puso en competencia dos métodos para lograr el drenaje de las minas: el ya conocido y tradicional de los malacates y el llamado Noria de Canjilones. Se opusieron a ello los aviadores de la mina, que eran Don Gaspar García del Rivero, Juan de Barandiarán, Angel González Tagle, Juan Esteban de Iturbide, Juan Esteban Dongo, José Vázquez Quincoya, Lucas Serafín Chacón y Gil Lelo de la Rea (26), quienes consideraban que sus bienes se ponían en riesgo ya que el sistema de la noria de canjilones era una innovación; y para vencer la resistencia de Don Manuel León, acudieron hasta la autoridad del Virrey quien mandó hacer una averiguación reportando lo siguiente: "De la averiguación mandada a hacer se sacó en limpio que no se ha encontrado hasta

ahora instrumento más eficaz para conseguir desagües que el de los malacates, pues aunque respecto al maquinoso aparato de una noria como la puesta por Don Manuel de León, parezcan de menos utilidad los malacates y engañada la vista en el número de botas que contiene el rosario o sogas de que penden, parezca mayor la saca de agua, comparada con seis botas que componen tres malacates es siempre en lo intensivo mayor el efecto de éstos, por ser la continuación más permanente y más violenta y por consecuencia más eficaz, fundándose su mayor duración en que acaeciendo cualquier atraso, que haga parar un malacate, sobre tener más pronto remedio, quedan los otros deteniendo el agua, lo que no sucede con la noria de Don Manuel de León que una vez parada, es muy considerable el atraso que ocasiona, por la subida que hace el agua en el más tiempo que ha de menester el reparo de su detención, en comparación de la de un malacate, por la incomparable diferencia que hay entre la voluminosa trabazón de palos de que consta la fábrica de esta noria a la ligereza de un malacate".

La tecnología hidráulica en Nueva España adquiere precisión hasta el año de 1768, cuando desde las páginas del Diario Literario Don José Antonio Alzate anunció por vez primera en la literatura científica de Nueva España, los principios en que se basa el fe-

nómeno del ascenso del agua por la presión atmosférica; y describe la máquina de vapor para mover la bomba en los siguientes términos: (27)

"Es de extrañar que en más de 200 años que se trabajan las minas no se haya progresado en el sistema de desaguarlas, ya que se sigue usando el cabrestante llamado malacate cuya utilidad es limitada, considerando el tiempo que necesita para que la sogas enrede en el malacate y la cantidad que se consigue desaguar es insuficiente, pues aún si se logran sacar 20 arrobas de agua es casi seguro que por los manantiales entre la misma y aún mayor cantidad. Alzate ya considera que es la falta de máquinas apropiadas lo que obliga a usar el antiguo malacate, aunque piensa que la construcción de una máquina hidráulica necesita de muchos conocimientos, pues ya muchas que se han diseñado para resolver este problema del desagüe no han logrado el efecto deseado debido a la falta de conocimientos técnicos en la materia. - Para resolver el problema, Alzate propone o da noticia de una máquina muy útil que ya es conocida en Europa y que describe así: - "es la máquina llamada de fuego en la que una corta cantidad de agua reducida a vapores pone en movimiento las bombas que extraen el agua de una profundidad de más de 100 varas".

"Las piezas principales que componen esta máquina cuyos efectos parecerán a muchos exageración, se reducen a una caldera cubierta por un capitel de plomo, en la parte superior de éste está soldado un tubo con una llave para abrirlo o cerrarlo y lo llama regulador. Se une a este un cilindro o tubo de metal de tres varas de largo y veinte y dos pulgadas de diámetro. En la parte opuesta de la viga está afianzado el émbolo o émbolos de las bombas de desagüe".

"Para poner en movimiento la máquina se enciende fuego bajo de la caldera para que el agua que ocupa casi la medianía llegue a hervir, entonces se abre el regulador para que los vapores impelan por su fuerza el émbolo por la parte superior del tubo".

"Impelido el émbolo lo hace inclinar la parte opuesta, con cuyo movimiento los émbolos de las bombas descienden. Para hacerlo subir se abre en el tubo o bomba de la caldera el cañoncillo que llaman de inyección y por él entra una corta cantidad de agua fría la que precipita los vapores que suspendían el émbolo. Por la condensación de éstos se forma un vacío y el aire por su peso hace descender el émbolo a la parte inferior, de modo que la falta de equilibrio hace mover la máquina, cuando se abre el regulador, los vapores hacen su efecto y cuando éste se cierra y se abre el tubo

de inyección, la atmósfera ejecuta los efectos de su pesadez en la parte superior del émbolo (28).

Consideraba también lo difícil de su aplicación por la demasiada profundidad de las minas y el gran costo de la bomba e incluso propone la construcción de esta máquina en madera por ser más económica.

Señalaba que la potencia de estas máquinas o su fuerza, depende de nuestra voluntad ya que el peso de la columna de aire aumentará según se entienda el diámetro del émbolo. Además de su utilidad indica que la máquina se ha perfeccionado de tal modo que por sí sola se pone en movimiento libre de dificultades; mediante algunas piezas que le han agregado como son: el cañón de desagüe, el que surte en proporción a la caldera de agua para que no aminore por la evaporación, la bombilla, que comunica con el tubo de inyección y que también sirve para humedecer el cuerpo del émbolo para que no se seque por la fricción.

Alzate se basaba en dos hechos cuando preconizaba el uso de la "bomba de fuego" para el desagüe de las minas. En primer lugar, el que el malacate que ya se usaba hacía 200 años era un instrumento insuficiente para lograr desaguar las minas por su lentitud y el segundo y muy importante, en que por el motivo anterior

la minería, principal fuente de riqueza del país, estaba casi paralizada debido a las inundaciones de casi todos los laboríos. Además aducía que este nuevo procedimiento daba ya muy buenos resultados desde hacía tiempo en las minas europeas en países como Hungría, donde ya era usada.

¿De qué fuentes emana la cultura científica de Alzate? Desde luego que su despreocupación frente a lo tradicional tiene su origen en la influencia que en él ejerció el español Feijoo; pero desde luego que el contenido de su cultura hay que buscarlo en Francia e Inglaterra, países que entonces estaban revolucionando las técnicas de producción. Esto lo podemos comprobar con enumerar las obras en que se basa Alzate al redactar su artículo sobre la "bomba de fuego", y son las siguientes:

Leupold J. Theatrium, Machinarum generale 1724.

Leupold J. Theatrium, Machinarum Hydraulicarum 1774.

Savery Th., The Miners Friend or an Engine to Raise Water By Fire 1702.

Belidor B., Architecture Hydrique 1739.

Desaguliers, Cours de Physique Experimentable 1751.

Es un dato digno de mencionarse la circunstancia curiosa de que a raíz de la expulsión de los jesuitas o sea de quienes mono-

polizaban la cultura en la Nueva España, fue cuando se inició la actividad divulgadora de Alzate. Esta inquietud científica manifestada después de la expulsión, fue como una afirmación categórica de divulgación, indicando que la cultura en Nueva España continuaría a pesar del destierro de los maestros Jesuitas.

Y en realidad así fué pues a la expulsión sucedió el florecimiento en el estudio de las ciencias Matemáticas y Naturales, haciéndolo los que se dedicaron a ello con la pasión de quien descubre un mundo nuevo a pesar de haber vivido en él.

Desde ese momento no son sólo las disquisiciones y observaciones astronómicas las que ocupan la mente de los estudiosos, sino también las observaciones y disposiciones sobre los fenómenos cercanos y terrenos, en contacto de los cuales vivimos lo que preocupara la mente del estudioso; conocimientos sobre Física, Mecánica, Química, Hidráulica, Botánica, Metalurgia y otras se consideran como ciencias cuyo estudio contribuirá a mejorar las condiciones materiales de la existencia. Estos tópicos fueron los que estudiaron primero Alzate y luego sus continuadores Bartolache, Velázquez de León, F. Elhuyar y Andrés del Río (29).

Todos estos hombres y quienes les sucedieron vivieron dentro de esa corriente que arrasaba en toda Europa las últimas nubes

del pensamiento medieval-aristotélico y fueron quienes crearon el nuevo espíritu que ya germinaba y se desarrollaba, es decir, la ciencia experimental a base de la moderna tecnología.

Alzate y sus continuadores no crearon ni descubrieron nada nuevo, pero fueron quienes difundieron en la cultura novo-hispana las nuevas ideas científicas; por ello debe considerárseles como forjadores de la etapa moderna de la historia moderna de México; es decir, incorporaron a nuestro país la existencia de los fenómenos económicos, políticos y culturales que agitaban ya al mundo moderno.

Alzate dedicó su trabajo a Don Joaquín Velázquez de León que en ese entonces, 1768, acompañaba al Visitador Gálvez en su expedición rumbo a las Californias a observar el paso de Venus por el disco del Sol. Rectificó datos y levantó mapas.

Velázquez de León realizó sus estudios en el Seminario de México; se dedicó a la Astronomía y la Física. Abandonó la carrera del Sacerdocio para hacerse abogado y prosiguió importantes estudios de Astronomía al grado de construir él mismo sus aparatos y hacerlos venir, a pesar de los grandes gastos que esto representaba, desde Inglaterra.

Fué Velázquez de León uno de los que más trabajó y logró, que se fundara una Escuela de Ingenieros de Minas, llegando a ser Director de la misma, así como del Tribunal de Minería de México.

Conoció el trabajo de Alzate, pero no era amigo de innovaciones pues era hombre prudente y escéptico, y por ello siempre se ponía en guardia contra las ideas de los arbitristas, así fuese en Metalurgia o en Mecánica. Hiso un estudio que publicó el 9 de Febrero de 1771, bajo el título "Informe para Perfeccionar la Minería en la Nueva España", y en él sustentaba el siguiente criterio:

"Las potencias moventes que se aplican a las máquinas, tienen por sí una determinada fuerza, que el mejor artificio no podrá volver infinita, ni aún aumentarla con desproporción. Y si se medita sobre las mejores máquinas practicadas en el mundo, y los evidentes principios de que acabo de hablar, se podrá tasar el máximo efecto posible en la que ha de moverse por una potencia conocida. El trabajo de un hombre, v.g., que se pueda continuar seis horas sin detrimento de su salud, equivale a una arroba o poco más. Pero la mejor máquina practicable sólo podrá hacer que el mismo hombre levante en un minuto siete arrobas a diez varas de alto; o setenta a una vara en el mismo tiempo, o a las diez (varas)

en diez minutos. Y como el trabajo tolerable de un caballo tirado, corresponde a seis hombres: es igualmente cierto que ayudado del mejor artificio podrá elevar siete arrobas a sesenta varas en un minuto de tiempo, o al contrario, y nada más.

"De la propia suerte se ha de discurrir en lo que se podrá conseguir con una cierta cantidad de agua, ya se precipite de una altura conocida, ya corra en una determinada velocidad, con la experimentada o regular fuerza del viento en las alas de un molino, con una columna de la atmósfera medida su basa con las pesas y la lentilla de un péndulo, con la elasticidad de un muelle y, en fin con todas las cosas que se aplican, como potencias moventes, a las máquinas.

De manera que, si de la propuesta se prometen mayores efectos, aún sin verla se puede seguramente apostar cualquier dinero a que no los tendrá en las prácticas, y que su autor se halla alucinado, inexperto o ignorante de las buenas reglas.

"Convencido de esta verdad, continúa Velázquez de León, he creído siempre que si en las máquinas corrientes no se ha errado en las proporciones, combinación y figura de sus miembros, si se han excusado los frotamientos inútiles; si no se puede substituir-ventajosamente otra potencia, he creído (digo) que en este caso es

muy difícil aumentar en gran manera sus efectos, por el único medio de otro artificio mecánico. Por lo menos es cierto que para hacer una justa comparación entre una máquina nuevamente imaginada y otra antigua ya corriente, es necesario suponer esta enmendada en los yerros de los artífices que la ejecutaron y de los nuevos que cometen aquellos, que no saben usar de ella, que no deben imputarse a la idea de su inventor. Con que el primer caso juzgué que debía ser examinar las máquinas que ordinariamente usan nuestros mineros: enmendarlas, si necesitasen; y experimentando entonces sus efectos y buenas circunstancias, ver si era necesario y posible inventar otras mejores, o bastaba ésto para conseguir ventajas reales y efectivas. Porque a la verdad, innovarlo todo a raíz, siempre había de traer grandes dificultades en la práctica"(30).

La opinión que sustentaba Velázquez de León y la autoridad de que gozaba, ahogaron al parecer todo nuevo impulso para desarrollar la técnica hidráulica en Minería. No se tiene noticia de algún proyecto que él haya fomentado ni en lo particular ni como Presidente del Tribunal de Minería. Lo interesante a señalar es que incluso Alzate se intimidó y adoptó el pensamiento de Velázquez de León. En este respecto, cuando Velázquez de León precoriza la conveniencia de mejorar las técnicas establecidas antes de

optar por otras nuevas, se refiere al malacate y Alzate se dedica con gran empeño al estudio de éste tratando de mejorarlo corrigiendo sus defectos. Fueron tan difundidos sus estudios sobre el particular, que su obra divulgadora es más que nada conocida por las observaciones que hizo para mejorar el malacate tradicional además de que propagó el uso del Barreno Inglés. Por desgracia suya, y en perjuicio de la minería, sus puntos de vista fueron contrariados por Velázquez de León en una dilatada y prolongada polémica, caracterizada por el comedimiento de uno y por la violencia del otro (31).

Alzate advierte como defecto esencial del malacate su figura que si fuera cilíndrica evitaría que los caballos padecieran demasiado al moverla. Velázquez de León opina que no hay que aumentar el costo del malacate, diciendo: "el malacate es una máquina de muy poco costo si se compara con las demás que para el mismo efecto pudieran usarse. Esta es una de sus principales recomendaciones, puesto que estamos en la necesidad de multiplicarnos aún en una sola mina o para su desagüe o para la extracción de sus metales y escombros; si éstos abundan o es considerable la profundidad de la mina, haciendo un malacate cilíndrico aumentaría tres veces su costo ya que necesitaría tres ruedas"

Se cita que el único defecto que se halla bien fundado entre las reformas que promueve Alzate, es el que se refiere a la forma polígona de la devanadera. La alternativa de aumento y disminución de la potencia que resulta de dicha forma polígona no es lo que más influye en el quebranto o fatiga de los caballos, sino la mutación de las roldanas por la variedad de planos que ocupa cada una de las cuerdas cuando llaman peso, acercándose y alejándose alternativamente del eje de la devanadera. Esta mutación, que es independiente del paralelismo o convergencia de las cuerdas, aumenta notablemente el rozamiento de los ejes de las roldanas contra sus apoyos, y el de las mismas cuerdas sobre la garganta de dichas roldanas, como advertirá cualquiera que se tome el trabajo de construir una figura proporcionada, y nunca se hará creíble que los efectos de éste inconveniente se puedan compensar con el ahorro de madera, tiempo y maniobra de una devanadera polígona respecto a otra cilíndrica, formándose ésta sobre 2 o 3 ruedas a las cuales pudieran aplicar unos barotes no muy desviados, o una tabla dé suficiente grueso que la cubriese toda. No hay duda de que en estos términos costaría algo más el construir un malacate; pero también quedaría más firme, y en una máquina dé tanta duración, cuyo uso es tan continuo e importante, parece adverso a las reglas

de la buena economía el negarle toda la perfección posible para no acrecentar un gasto, que aún visto en su totalidad, se debe considerar pequeño. A raíz de esta polémica publicó su informe de 9 de Febrero de 1771, mencionado en párrafos anteriores, y del cual son los datos más importantes los siguientes (32):

Señala que el mayor contratiempo del minero es el agua que le inunda su laborío, ya que ésta lo perjudica enormemente.

Existe el remedio en ciertas minas que están abiertas en un cerro bien elevado, de manera que sus raíces estén más bajas que los últimos planes del laborío donde se encuentra la contramina o socavón, que es un cañón algo más bajo que la línea a nivel dirigida al fondo de la mina, en donde se reducen todas sus aguas y salen por el socavón espontáneamente.

Este remedio soluciona el problema al principio, pero al poco tiempo pierde su utilidad, pues al profundizarse los laboríos, se hace necesario elevar las aguas hasta el socavón y aunque siempre se ahorre una parte del trecho que debieron montar si no lo hubiese. A pesar de ésto es necesario el uso de máquinas para lograr el desagüe.

Para el uso de ellas, así como para sacar a menos costo que en hombros de los operarios las materias útiles o inútiles que pro-

ducen las labores, se abre un pozo a plomo, que por el uso a que se designa se ha llamado Tiro, y es muy necesario en cualquier mina; los mineros sienten no haberlo hecho en épocas felices y no esperarse a hacerlo cuando ya se halla inhabilitada la mina.

Es necesario planear estos tiros y realizarlos con perfección, para ellos es preciso que intervengan peritos conocedores de la Geometría subterránea para poder calcular sus medidas, sus diferencias de nivel, su situación y dirección de las vitas, y demás aspectos, ya que en un error que en ellas se cometa, puede disminuir el rendimiento de las labores.

Considera que una Máquina con que se pudiesen desaguar las minas que no tienen tiro sería de gran utilidad, ya que hay muchas que no se trabajan, tanto por estar inundadas, como por carecer de tiro, pues el precio de éstos es muy costoso (entre los 80 y los 100,000 pesos). Existen en ciertos Reales de Minas tiros y socavones errados, planeados despues de haber invertido millones de pesos en ellos.

Velázquez de León reconoce que hasta ésta fecha no ha conocido un mapa exacto y bien formado de ninguna mina de América; juzga ésto muy necesario para el provecho de la minería, sugiriendo se contraten peritos para que reporten en qué estado se encuen-

tran las minas, para que si alguna se inhabilita, se conozca perfectamente en qué condiciones se encuentra, y no se insista en su laborio, invirtiendo inútilmente, porque se dan casos de que en los asientos más famosos se encuentran muchas minas ricas, que desgraciadamente no se pueden trabajar por encontrarse inundadas.

Las minas principales del Reino, como eran Zacatecas, Pachuca, Guanajuato, Real del Monte y otras se encontraban inundadas, y no podía extraerse el metal a pesar de ser riquísimos sus recursos; sin embargo, reconoce que no es imposible desaguarlas tratando de hacerlo con el tradicional malacate, pues éste es fácilmente adaptable a cualquier mina, su potencia es grande y sus efectos considerables, aunque reconoce que al aumentar la profundidad del agua, ésta disminuye sus efectos, pues el malacate no puede aumentar su velocidad debido a que depende del galope de las bestias que lo tiran, y el aumentar el número de ellas, eleva muchísimo su costo, ya que no sólo consiste en agregar animales, sino que es necesario cambiarlos constantemente.

En los malacates se nota, que aún a la pequeña profundidad de 30 varas, pesa mucho más el trecho de la soga y del cuero de la bota que el agua que se saca; este peso sólo se alivia con otro tanto o más, cuando la que sube y la que baja se hallan a la mis-

ma altura, o más alta la llena que la vacía, pero en cualquier otro caso se carga la Máquina de una resistencia formidable, y así sería muy útil disponerla, de suerte que nunca cargase más que el peso neto del agua.

También debía pensarse en suplir en el malacate las bestias por otro artificio que le diera mayor velocidad, ya que en grandes profundidades tardaba mucho en subir la bota, y nunca era capaz de subir más que 25 arrobas de agua.

A pesar de estos inconvenientes, cree Velázquez de León que sería difícil mejorar los efectos logrados por el malacate con otra máquina, pues considera que las bombas es difícil que reúnan la gran fuerza de movimiento de los malacates, y cree que su aplicación y conservación son difíciles. - Incluso menciona que en las máquinas hidráulicas en que se hace necesario el equilibrio, la gravitación y la compresión del agua y del aire, deben construirse grandes cañones de metal y otros aditamentos, lo cual es imposible realizarlo en América.

Señala además otros inconvenientes de la Máquina, y a pesar de que reconoce que ya se usan con éxito en otras partes del mundo, considera su aplicación imposible en la Nueva España. La Máquina a la que se refiere Velázquez de León es la de M.M. Sa-

vieren, en la que se aplica, en lugar de potencia, el aire atmosférico con su fuerte gravitación y dilatación, proporcionada por el fuego de una hornilla y el vapor de una especie de alambique. Considera la creación de esta máquina como un verdadero alarde del ingenio humano, y reconoce que ya se usan en países como Alemania, Francia e Inglaterra, a pesar de ser costosa su construcción y difícil su conservación, pero sus efectos son portentosos y tiene más ventaja que cualquier otra conocida hasta el día.

Hace mención de que él había sugerido a un joven de la Nueva España de que estudiara el mecanismo de Newcomen, y piensa en que algún día puede aplicarse con éxito en América.

Se inclina incluso porque sería conveniente substituir los malacates por mejores máquinas, siempre que se tenga ya la experiencia para aplicarlas, y se preparen en nuestro país personas capacitadas para accionarlas, pidiendo además que el gobierno intervenga en la realización de este proyecto.

Hay que considerar que la polémica sobre el malacate mencionada en las páginas anteriores es, sin embargo, uno de los capítulos más importantes en la historia del pensamiento mexicano.

Alzate y Velázquez de León en esta polémica, por vez primera, no se apoyaron en la autoridad de Aristóteles o Santo Tomás

cuando se discutió sobre si la devanadera debe conservar indefinidamente su forma prismática o debe variarla a la cilíndrica, tendiendo a hacer uniforme y a aumentar el resultado del esfuerzo efectuado por los caballos que la hacen girar. Cuestiones como las de qué diámetro deben de ser las garruchas, la colocación del espeque y de la devanadera, se plantearon para su estudio bajo la luz de los conocimientos de la Mecánica en función de las leyes de la inercia de los cuerpos, incluso del significado de la naturaleza del movimiento uniforme y otras cuestiones más. Todos estos aspectos eran novedosos para los lectores de la Gaceta de México, quienes estaban acostumbrados a leer sólo acerca de la vida religiosa y tranquila de la Nueva España.

Los claustros escolares de la Real y Pontificia Universidad y los de los Colegios, cuando se desató esta polémica, ya no se sorprendían con las nuevas argumentaciones que se oponían a los que creían ciegamente en Santo Tomás y el Aristóteles, pues ya para entonces estaba en vigencia la Real Cédula del 6 de Marzo de 1770, la que ordenaba que debía estudiarse la Física moderna, a cuyo amparo Velázquez de León había iniciado ya una Academia de Matemáticas en el Colegio de Santa María de Todos Santos. Esta Academia había suspendido su trabajo por el viaje de su Di-

rector Velázquez de León, en compañía del Visitador Gálvez, al noroeste de la Nueva España, pero se había continuado por Don José Antonio Bartolache dentro de la misma Universidad patrocinada por el Virrey de Croix.

Al mismo tiempo, en San Miguel el Grande, en la celda de un monje felipense llamado Juan Benito Díaz de Gamarra, se iluminaba con los conocimientos del pensamiento filosófico moderno, pues escribía una obra, en la que difundiría en las Universidades y Colegios de la Nueva España, las ideas sobre el fondo físico de Newton y el método de la duda sistemática de Descartes tendiente a dar a conocer la verdad (33).

Otro episodio de la tecnología hidráulica de la Nueva España fue que en el año de 1788 se dió noticia en la Gaceta de México, de que habían sido colocadas en las minas de Mellado unas bombas de desagüe, y se describían en los términos siguientes:

"Guanaxuato - Don Joseph Sotello, natural de la Villa de Redondela en Galicia, Obispado de Tuy, ha proyectado en la antigua mina de Mellado de este Real, un arte para lograr el desagüe por medio de bombas hidráulicas que, colocadas por escala desde la lengua de la agua, han hecho salir por la boca de la mina más de una naranja de agua contnua, lo que visto por varios inteligentes

aseguran que no podrán diez malacates hacer otro tanto.

"Esta mina tiene hasta la agua 118 varas de perpendicular, con 300 varas de tendido, en cuyo distrito se ocupan 27 bombas".

"La habilitación que ha tenido el autor para su proyecto ha sido sólo 500 pesos, con lo que se redujo a economizar cuanto pudo, a fin de que se viera el efecto, y así se determinasen a perfeccionar la obra".

"Hechó el ensayo el 13 del pasado Marzo, fue aplaudido de todos el invento, reconociéndose haber bajado el agua este día media vara, sin embargo de estar la obra algo imperfecta, a causa de que algunas piezas que deberían ser de fierro se construyeron de madera, estando sujetas por ésto a repetidas descomposiciones y a que tal vez no operen con la perfección que pudieran, no siendo menor el daño que resulta de la pérdida de tiempo de los operarios entre tanto se componen algunas piezas".

"Esta máquina o arte puede mejorarse y ser de mucha utilidad para las minas demasiado inundadas, siempre que se dupliquen las bombas y puedan colocarse por los tiros o por las mismas minas sin mucha dificultad".

La historia de la Tecnología en Nueva España, se suscita nuevamente alrededor de la conveniencia de aplicar la bomba de

vapor como instrumento necesario para resolver el problema del desagüe en las minas, pues ya en Europa había sido usado con éxito en las minas de Almadén.

Este procedimiento ya había sido sugerido por Don Antonio Alzate en el año de 1768, expuesto en la siguiente forma: "¿no se podría construir la máquina de fuego o que se mueve por medio del vapor de agua? ¿No podría usarse de otro género de máquina que sea de más fácil construcción, de poco costo y de fácil manejo, que pueda disponerse en cualquier laborío y lo que es principalísimo, que a arbitrio saque el agua que se quiere y alcance su esfuerzo a cualquier profundidad sin que por éste motivo sea necesario aumentar el número de caballos para moverla? No sólo se puede mostrar ser asequible en la ejecución, sino que la construcción es de lo más sencillo que se pueda desear en materia de máquinas útiles".

El problema lo volvió a plantear en México una Real Orden fechada el 2 de Noviembre de 1803 en la que, después de ponderarse los efectos logrados por las máquinas de vapor en Europa y específicamente en Almadén, como ya mencionamos en el párrafo anterior, el Supremo Gobierno dirigió al Excelentísimo Señor Virrey esta Real Orden en que se pedía informe sobre la utilidad de las

máquinas de vapor en estos reinos, ofreciendo proporcionarlas en cargándolas a Londres e incluso enviar personas concedoras para que las instalaran, con el objeto de asegurar su buen funcionamiento.

En esta época ya había muerto Don Joaquín Velazquez de León, Presidente del Tribunal de Minería, siendo sus representantes entonces Don Fausto Elhuyar y Don Andrés del Rfo, a quienes les correspondió emitir su opinión al respecto.

Don Fausto Elhuyar (34) nació en la provincia de Logroño, España, en 1755. Realizó sus estudios primarios en Madrid y se perfeccionó en París; extendió sus conocimientos haciendo viajes científicos. Fué Maestro de Mineralogía en el Colegio de Vergara, pasando más tarde a Alemania, en donde asistió a la Escuela de Mineralogía de la ciudad de Frechberg, Sajonia. Fue él el que hizo el análisis químico del Volfran, en el que descubrió un nuevo metal al que dió el nombre de tungsteno. En el año de 1785 se le comisionó para estudiar el método alemán de amalgamación ya establecido en Hungría por el Consejero Bom.

A la muerte de Don Joaquín Velázquez de León fué nombrado Director General de la Minería de la Nueva España y también del Colegio de Minas que debía fundarse, haciéndose cargo de su pue-

to el 13 de Septiembre de 1788, puesto en el que permaneció hasta su renuncia el 22 de Octubre de 1821.

A su regreso a Madrid, a principios de 1822, el gobierno español le asignó una pensión, y en ese mismo año se le otorgó el nombramiento de miembro de la Dirección General de Crédito Público, a las que estaban aplicadas las minas trabajadas por cuenta del Estado.

Más tarde desempeñó numerosas comisiones científicas; redactó la Nueva Ley de Minería y ocupó durante 7 años la Dirección General de Minería, hasta que le sobrevino la muerte en 1833.

Escribió sobre temas referentes a México: "Indagaciones sobre la amonedación en la Nueva España", Madrid, 1818. "Memoria sobre el influjo de la minería", México, 1825; y un plan y distribución para el Colegio Seminario de Minería de México.

Don Andrés Manuel del Río nació en 1764 (35); fue Mineralogista. Graduado Bachiller en 1780 en la Universidad de Alcalá de Henares, imparte los cursos de Física Experimental en Madrid en 1781. El gobierno español lo pensiona en 1782 y lo envían a la Academia de Minas de Almadén; luego se le pensiona al extranjero, visitando los centros científicos más importantes de Francia, Inglaterra y Alemania. En Francia lo sorprende la Revolución Fran-

cesa cuando realizaba estudios en el Laboratorio del Arsenal de Lavoisier. Cuando regresó a España, y a instancias de Don Fausto Elhuyar, se le nombra catedrático en el Colegio de Minería de la Nueva España; a este país llegó en el año de 1794, y para 1795 iniciaba el primer curso de Mineralogía que se impartía en México.

Fue Don Andrés del Rfo fundador de la Ferrería de Cualco-
mán y descubridor del vanadio.

Representó como diputado a México en las Cortes Españolas en el año de 1820, donde abogó por la independencia de México, Regresa a nuestro país en 1824, y al ser expulsados los españoles en 1829, se refugio en los Estados Unidos, no obstante estar entre los exceptuados. Regresó a México en 1835, muriendo en 1849, en la mayor penuria. Su obra escrita fué copiosa.

Don Andrés del Rfo construyó en el año de 1801 una máquina con columna de agua cuyo cilindro tenía 26 dm. de altura y 16 de diámetro en el distrito vecino al Real del Monte, cerca de la boca del Gran Cañón de desagile de la Vizcaina (36).

Esta máquina, que es la primera de este género que se haya construido en América y es muy superior a las que existen en Hungría, fue ideada por Andres del Rfo y ejecutada por Lachauslié, artífice natural de Bramante, hombre de gran habilidad, quien tam-

bien construyó para la Escuela de Minas de México una colección muy notable de modelos útiles para el estudio de la mecánica y de la hidrodinámica.

La máquina de columna de agua fué colocada en un sitio donde con mucha dificultad se encuentra suficiente agua para lograr tenerla siempre en movimiento, sólo podía funcionar en esos parajes tres horas al día.

Pero el objetivo de Don Andrés del Río al construir esta máquina, no tuvo otra mira que la de probar a los mineros mexicanos el efecto logrado con este género de máquinas, y la posibilidad de hacerlas en su país.

Este fin lo ha conseguido, según Humboldt, y lo hará más evidente cuando se coloque una máquina de Columna de Agua en la Mina de Raya en Guanajuato, en la del Conde de Regla en Real del Monte o en la de Bolaños, en las que Sonneschmidth llegó a contar 4000 caballerizas para lograr impulsar los malacates con el objeto de desaguar las minas (37).

Fue a Don Fausto Elhuyar y a Don Andrés del Río a quienes tocó dictaminar sobre la necesidad de aplicar la bomba de vapor para lograr combatir el problema de la inundación de las minas.

Uno de estos dictámenes, fechado el 14 de Marzo de 1804;

firmado por Fausto Elhuyar y hasta el día de hoy inédito, nos proporciona una gran cantidad de ideas y noticias de enorme valor para nuestras generaciones.

En ella se expone una opinión honrada y valiente, ya que sin miramiento de ninguna especie, expresó la realidad económica de la Nueva España.

Dicho documento escrito con el sólo fin de llenar un requisito administrativo, ya que le había sido solicitado por el Virrey para auxiliarlo con su opinión técnica sobre la posibilidad de introducir la máquina de vapor en estos dominios es, sin embargo, uno de los testimonios de más valor, ya que describe la realidad del momento histórico y además, aunque sin proponérselo, el autor vaticina la naturaleza de los obstáculos con que nuestro país habría de tropezar en su desarrollo económico, señalando las deficiencias naturales, como eran la escasez y casi carencia del carbón de piedra, y el despilfarro con que se había hecho uso de los bosques mexicanos.

Es curioso que en la época en que Elhuyar redactaba este dictámen, se estuviera elaborando en nuestro país una obra, cuya lectura precipitada y sin ninguna crítica, crearía en la mente del mexicano letrado en la primera mitad del Siglo XIX una idea real

mente exagerada de nuestra riqueza y recursos potenciales. - La obra que mencionamos es "El Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España", de Humboldt.

El documento de Don Fausto Elhuyar, al que hacemos referencia, fue la contestación a la Real Orden sobre que se informe si serán útiles en este Reino las bombas de fuego adoptadas en las minas de Almadén.

La respuesta fue dirigida al Virrey Don José de Iturrigaray, y su texto es el siguiente:

"La Real Orden del 2 de Noviembre del año próximo pasado, que vuestra Excelencia se ha servido trasladarme en su superior oficio del 27 de Marzo, manifiesta que la munificencia de nuestro soberano intenta proporcionar las bombas de fuego para desagüe de las minas éstos dominios, previniendo a Vuestra Excelencia, al efecto, le informe sobre la utilidad de dichas bombas, remitiendo sus dimensiones para encargarlas a Londres, y enviar a su tiempo persona instruída que las establezca en este Reino, como se ha ejecutado con favorables efectos en las minas de Almadén.

"En su vista, debo exponer a Vuestra Excelencia que las referidas bombas son efectivamente unas máquinas muy recomendables por la potencia de que son capaces, como que por ésta parte

aventajan mucho a todas las demás que hasta ahora ha inventado el discurso del hombre. Se han establecido por lo mismo en diferentes partes de Europa con fines muy diversos, y uno de ellos ha sido el desagüe de las minas. Ojalá que a esta ventaja reuniesen el poco costo en su construcción y, sobre todo, en su manutención, que exige indispensablemente una cantidad considerable de combustible (*). Por esta última circunstancia se dificulta o imposibilita su uso en donde escasea o se carece del material correspondiente, y sólo se conservan generalmente en giro en los parajes en que abundan, con alguna intermediación, las minas de carbón de piedra.

"Sin un auxilio de esta naturaleza, se hace muy costoso el alumbramiento de estas máquinas, debiendo ser de leña, y tanto más, cuanto su giro haya de ser más constante y perenne, como lo exige el desagüe de las minas, cuyos veneros subterráneos, manando sin cesar, lo requieren por lo regular continuo, para mantener despejadas las labores. En los asientos en que se trabajan muchas, resulta más sensible este consumo de leña, por el crecido que ya

(*) Elhuyar, sin duda, se refería a la máquina de Newcomen, que en efecto era muy costosa en su mantenimiento. Elhuyar no tenía noticia de la máquina de Watt. (Nota de L.Ch.O.)

se hace en las operaciones de los beneficios, y el que igualmente exigen de madera los ademes de las minas, las máquinas y oficinas de todas especies. Por esta razón subsistieron poco tiempo las bombas de esta clase que a mediados del siglo pasado se establecieron en las minas de Sehemnitz, en Hungría, sin embargo del esmero con que se cuida en aquel distrito de los cortes y renovación de los plantíos de bosques, y de haberse construido únicamente estas máquinas para suplir la falta de otras, movidas por agua, en las temporadas de seca. La que menos, consumía en 24 horas una cantidad de leña de raja que en nuestras medidas corresponde a 28 varas cúbicas. Es verdad que con las mejoras que desde aquel tiempo se han hecho al mecanismo y construcción de estas máquinas, puede considerarse reducido a términos más moderados este consumo; pero no tanto que deje de ser todavía de mucha entidad.

"Supuestos estos antecedentes, si se corre la vista por los principales Reales de Minas de estos Reinos, se echa de ver que los de Guanajuato, Catorce, Zacatecas, Bolaños, Sombrerete, Pachuca, Taxco y los demás que tienen alguna antigüedad y formalidad, se hallan desprovistos de montes, no tanto porque la naturaleza del terreno no sufra la correspondiente vegetación, cuanto por

el ningún cuidado que ha habido hasta ahora en renovar los planes, el desorden con que se han ejecutado y ejecuten los cortes, y otras causas que concurren a la destrucción de los bosques. Por esta razón tienen varios reales que ocurrir a treinta o cuarenta leguas por las maderas de construcción, y generalmente todos o más o menos distancia aún para la leña y el carbón, resultando de aquí unos precios muy subidos en estos materiales, y en ocasiones mucha dificultad en conseguirlos.

"En semejante constitución no puede adoptarse fácilmente el uso de las bombas de fuego, y por mi parte, puedo decir que entre los minerales que he tenido ocasión de reconocer, no encuentro ninguno en que sea dable sostener su aplicación por medio de la leña. Creo, pues, que mientras no se proporcione sustituirla con el carbón de piedra, será inútil toda tentativa en el particular.

"De este utilísimo fósil no dejará seguramente de haber en este reino mantos y veta, como en otras partes, pero hasta el día son tan escasas las noticias que se han adquirido de sus criaderos, sin embargo de haberse solicitado por circulares expedidas por el Real Tribunal General de Minería a las Diputaciones territoriales, que con certidumbre sólo conozco el del Nuevo México, de que poseo muestras de excelente calidad. La distancia y separación de

aquella provincia de las demás de estos dominios, no permite pensar en aprovecharlo en ningún mineral, y así hasta que se descubran otros más inmediatos y en proporción de hacerse fácil y poco costosa la conducción de este material a las minas que sufran el establecimiento de bombas de fuego, queda poquísima esperanza de poder pensar en su introducción a este Reino.

"Las dimensiones de estas máquinas deberán variar según las circunstancias de las minas en que hubiesen de establecerse, debiéndose proporcionar a su mayor o menor profundidad, y a la mayor o menor abundancia de agua que produjesen sus veneros, variando acaso también la configuración y extensión de algunas de sus partes, según las circunstancias locales. Por esta causa, para formar la razón de ellas, que se pide en la mencionada Real Orden, sería preciso contraerse a un caso determinado, resuelta ya su aplicación a una mina conocida y señalada. Sin esto, formándola para un caso hipotético arbitrario, sería exponerse a que venida una de estas máquinas, no sirviese para la mina que después se juzgase en estado de admitir su aplicación, y de consiguiente se aventuraría al crecido costo de su construcción y conducción, sin sacarse acaso más fruto que el servir de modelo para la fábrica de otras, para cuyo fin basta el que tenemos en el Real Seminario de

Minería venido de Londres, arreglado a las últimas ventajosas reformas que se han hecho para su mayor perfección. Por lo que llevo insinuado, yo no puedo por ahora asignar mina alguna que considerase en estado de admitir su establecimiento, y de consiguiente, me faltan los datos precisos para determinar dichas dimensiones.

"Con este motivo creo también deber hacer presente a Vuestra Excelencia que aunque no abundan en este país, tanto como en otras partes, los artistas de habilidad para obras de esta clase, por no haberse usado hasta estos últimos tiempos en sus minas máquinas de esta naturaleza, la de columna de agua construida en la mina de Morán, en el Real del Monte, por el excelente maquinista flamenco don Pedro de la Chaussé, bajo la dirección del catedrático de Mineralogía, don Andrés del Rfo, ha empezado a dar ideas de éste género de trabajo. Esta máquina, si no aventajada, a lo menos nada cede a las mejor construidas de igual especie en Alemania y Hungría, en cuanto a su solidez, exactitud de sus piezas, buen orden y uniformidad de su movimiento. Con el propio artista, y los que a su ejemplo se vayan formando, en las nuevas que a imitación de ésta se establezcan en otras minas, no dudo que cuando se presente alguna en circunstancias favorables para

admitir una bomba de fuego, podrá desempeñarse aquí su construcción, sin ocurrir al auxilio extranjero, sirviendo de fomento y progreso a la industria nacional.

"Las máquinas de columna de agua, aunque en lo general deban considerarse de menos potencia que las bombas de fuego, llevan a éstas por otro lado grandes ventajas. Su primitivo costo es mucho menor que el de estas últimas, y su entretenimiento apenas causa alguno. Las aplicaciones que de ellas pueden hacerse al desagüe de las minas en las presentes circunstancias de este Reino, son por esta razón, y la mayor proporción que hay de aguas que de leña sobrante y barata, más numerosas y frecuentes. De consiguiente, su propagación debe llamar por ahora la atención con preferencia a las bombas de fuego.

"Sin embargo de ésto, es preciso confesar que con respecto a la constitución física de estas regiones, no llenan todavía estas máquinas las ideas que deben apetecerse. El agua que demandan al exterior para su movimiento no la hay en muchos o en los más de los minerales, y en los que se logra perenne en la cantidad necesaria, no se proporciona para todas las minas con la elevación que exigen para el propio efecto sobre las bocas de sus tiros o las salidas de sus socavones. Por esta doble razón, debe, pues, con-

siderarse demasiado limitados los casos de su aplicación con respecto a las muchas minas en que pudiera ser benéfica.

"Estas consideraciones han dado motivo a pensar en buscar algún arbitrio para sacar mejor partido del que se logra en el día de la fuerza motriz, que por la naturaleza y estado actual de éstos países, parece ser la más adecuada, por la generalidad con que puede aplicarse en todas las minas, y es la de bestias. Con ellas se han movido hasta ahora todas las máquinas que se han empleado en los desagües formales y en la extracción de frutos de las labores subterráneas, y se reducen al malacate. Esta máquina se recomienda por la sencillez y poco costo de su construcción, la facilidad con que se coloca en cualquier parte, y el efecto de que es capaz; pero también exige su giro un gasto bastante crecido, así en la manutención y renovación de las bestias, como en la refacción de sogas y cueros, y en los operarios para vaciar las botas, y muchas veces para llenarlas en los planos subterráneos, con un trabajo a que regularmente es preciso obligarlos por fuerza. Tiene también el defecto de que, enredándose la soga en los tiros, hay que parar con frecuencia la máquina para desenredarlas, y se pierde en ello parte del tiempo, como también de que las botas vacíen una porción de agua antes de llegar a la boca de la mina, con lo que i-

gualmente se disminuye su efecto, especialmente en los tiros angostos e inclinados. Es más capital todavía el de la disminución gradual de su efecto con proporción a la profundidad de la mina, aumentándose el peso, por lo que se alargan las sogas con la misma, tenga que emplearse mayor número de bestias para vencerlo.

"Estos defectos pueden remediarse substituyendo a las sogas y cueros por bombas subterráneas, que sin gasto tanto en su entretenimiento suban en un tiempo determinado la misma cantidad de agua de cualquiera profundidad. Pero para conseguir éste fin del modo conveniente y el de alguna economía en la fuerza motriz, se hace necesario simplificar lo posible la construcción regular de dichas bombas, y aplicar en la máquina que haya de moverlas, algunos arbitrios que auxilien a la potencia, para minorar el número de bestias que hayan de emplearse en su giro.

"En ésta investigación se está trabajando en la actualidad, con algunas esperanzas de conseguir el indicado fin, pero aún logrado, no podrá tener la máquina en éste estado un uso absolutamente general. La primera construcción de las bombas será siempre más costosa que las sogas y cueros que se emplean actualmente en los malacates: la de la máquina motora ha de ser también más complicada que la de éstos. De consiguiente, su primer

establecimiento sólo podrán sufrirlo las minas que por la abundancia o calidad de sus frutos dejen sobrantes, o cuyos dueños se hallen con fondos para anticipar el gasto; pero como respecto de los pobres, es corto el número de éstos, siempre quedará preferible para aquellos el malacate común, y con dificultad se inventará otra máquina que pueda serles más acomodada.

"Por esta exposición reconocerá Vuestra Excelencia que la constitución física de estos países, las disposiciones locales, y las de los mismos dueños de las minas, no permiten adoptar con generalidad los diferentes medios que se han inventado para su desague, y que es preciso contentarse con usar ya de unos, ya de otros, modificándolos según permitan y exijan las circunstancias. En consecuencia Vuestra Excelencia informará a su Majestad lo que fuere de su superior agrado".

La objeción de Elhuyar a la aplicación de las bombas de vapor en México se fundó en la carencia de combustible, a lo que las autoridades de México contestaron diciendo que "la falta de carbón de piedra y la escasez de leña gruesa, podrían suplirse con leña menuda de monte bajo", que era la forma que se estaba haciendo en las minas de Almadén (38) y en su cumplimiento se pidieron, por circular dirigida a todas las Intendencias del Reino,

noticias de los respectivos minerales de su comprensión y una relación de la abundancia y calidad de sus montes, e incluso su opinión sobre si creían que las nuevas máquinas debían ser aplicadas. Las respuestas a estas sugerencias fueron incompletas e inexactas y no lograron que se formara un juicio al respecto, lo que obligó a Don Andrés del Río, que fue el encargado de consultarlas, a volverlas a pedir e incluso a amplificar varias de las recibidas. - El Tribunal de Minería dio visto del Expediente y el Superior Gobierno determinó el 25 de Junio de 1811, expidiéndose en consecuencia las órdenes oportunas.

Pero para esta fecha se habían iniciado los disturbios provocados por la Independencia, y por ello no se llegó a ninguna conclusión; y en el expediente del Real Tribunal no se encuentran más que dos contestaciones de simple recibo, de nueva circular; y hasta el día no se ha investigado más al respecto.

La forma en que estaba redactado el documento en que las autoridades de México daban respuesta a Don Fausto Elhuyar molestó mucho a éste, provocando tanto en él como en Don Andrés del Río, una reacción molesta que nos señala un hecho que sistemáticamente ha entorpecido el desarrollo económico de México: nos referimos al de afirmar "que nada se desconoce, que todo se

sabe ya". (L. Ch. de O.).

Los técnicos extranjeros que fueron traídos al país para promover el desarrollo económico, no demostraron ser muy útiles en Nueva España. Al instituirse el Tribunal de Minería, se trajeron también al país mecánicos alemanes, pero tampoco se palparon resultados satisfactorios, pues sus caracteres no se adaptaban al elemento mexicano.

Al hacerse la independencia, las compañías inglesas dirigieron el trabajo de la Minería Mexicana, descubriendo rápidamente la habilidad del obrero y del técnico mexicano. En cambio, el método aconsejado por Fausto Elhuyar y del Río, era en el sentido de que se trajeran técnicos extranjeros, por ser más hábiles; y no se inclinaban, en cambio, por la importación de máquinas.

Don Fausto Elhuyar estaba resentido en su amor propio por el motivo antes mencionado; de ahí que como profesional y como Director del Tribunal de Minería, y para demostrar que en el Seminario de Minería se estudiaba, y bien, la Hidráulica, publicó una muestra más acabada de sus esfuerzos por mejorar la técnica hidráulica. Por ello se publicó en el Suplemento al Diario de México, con fecha 8 de Noviembre de 1805, un trabajo que Don Juan José Oteiza había leído con anterioridad en el Seminario de Minería.

Este trabajo tenía la mira de describir un modelo de bomba hidráulica construida por Don Fausto Elhuyar, además de demostrar sus cualidades y contradecir el dictamen desfavorable, que en contra de esta bomba había formulado Don Joaquín de Zarauz.

En él expone que el Sr. Director General de Minería, Don Fausto Elhuyar, realizó en presencia de los Catedráticos de ese Real Seminario muchos experimentos durante más de un año, llegando a idear unas bombas más perfectas que cuantas hasta entonces se han conocido, y además una máquina muy sencilla para moverlas con bestias, y sustituirlas a los malacates que se usan para el desagüe de las minas, esperando que de esta innovación se obtengan grandes ventajas.

Así era la descripción que de la bomba creada por Elhuyar hizo Don Juan José de Oteiza:

"Esta nueva bomba se distingue, entre otras cosas de las comunes, en que no tiene el cuerpo de la bomba entre los tubos de aspiración y elevación, sino a un lado, a manera de la pieme corta de una h; esta disposición tiene la ventaja de acortar la vara del émbolo, facilitar su correspondencia al eje del tirante general por medio de un bastidor, para evitar el cocer y poder untar a menudo con alguna grasa el cuerpo de la bomba, para disminuir el roza-

miento. Los tubos de elevación son de un diámetro mucho menor que el del cuerpo de la bomba, lo que disminuye mucho el costo; facilita la adquisición de maderas de suficiente grueso; proporciona hacerlos mucho más altos, con ahorro de muchas piezas de fácil descompostura y disminución de rozamiento, y no causa el formidable aumento de potencia que ha sido el terror de los matemáticos, y ha desmentido enteramente la experiencia. Las válvulas consisten en un disco de bronce insertado por dos orejas en dos pilares laterales, y por una espiga, que tiene en su centro por la parte superior, en un casquillo afianzado por un puente a los pilares laterales, Apoyadas en estos tres puntos suben y bajan fácilmente, y sin desviación, y descansan sobre los bordes de un cilindro hueco, que rodea el agujero por donde debe pasar el agua; son todas de bronce, de excelentes ajustes, de fácil ejecución, de muchísima duración; no admiten basuras que les impida cerrarse, y sirven bien, aún cuando el tubo esté bastante inclinado; cada bomba tiene tres, dos en los extremos del tubo de aspiración y una en la parte inferior del de elevación. El émbolo es también de una construcción particular.

"La máquina motora se compone de un árbol vertical, que da vueltas por medio de un espeque, a que se atan los caballos: en su

parte superior tiene una cigüeña, cuyo cuello gira entre tres rondanas horizontales, y su muñón, entrando al agujero de un tirante horizontal, lo aparta del tiro, y lo empuja hacia él alternativamente: éste tirante comunica su movimiento por medio de unas cadenas a un balancín, cuyo eje descansa por cada lado en dos rondanas verticales, el cual, también por medio de cadenas, tiene pendientes dos tirantes generales, que subiendo uno, cuando el otro baja, hacen jugar dos órdenes de bombas situadas en el tiro, que sacan de la mina una corriente de agua continua".

"El Sr. Director, dice el Suplemento, convencido de la utilidad de su máquina, la presentó a U.S. para que enviara a verificarla y comprobara su eficacia, y de su orden con arreglo a la ordenanza pasó a la calificación de los Catedráticos de su Real Seminario, quienes basados en los experimentos que se les presentaron, y reflexionando sobre el particular, pensaron que tal vez fuera posible su realización".

Pero Don Fausto Elhuar, con el deseo de tener más segura su resolución en tan importante asunto, consultó al Sr. Joaquín Zaraus, que era Capitan de Navío de la Real Armada, quien reprobó el proyecto, oponiéndose al dictámen de los catedráticos, exponiendo lo siguiente en su reprobación: que la bomba que propone

Elhuyar no es una invención nueva y hace proposiciones para que pueda mejorarse; entre ellas, que se acorte el tubo de aspiración y se aumente su diámetro, para que suba el agua a mayor velocidad y que para economizar los tubos deberían hacerse no de madera, sino de metal, y sugiere se suprima la válvula superior, e incluso llama la atención a Elhuyar en errores de cálculo.

Pero acaba por decir: "Verificadas que sean las modificaciones que anteceden soy de sentir se establezca sin demora la bomba propuesta, pues la considero, sin cotejo, preferible a los malacates. Sin ellas, y subsistiendo los defectos que he tocado, yo en lugar de un mínero, y estando aún incierta la potencia motriz, que corre el riesgo de un resultado eventual, alamaría mi cordura, y desearía ver el desempeño a costa de otros.

"Y no podré yo decir que como queda incierta su potencia motriz, aún hechas las variaciones que intenta, pues no la ha calculado, no hallo fundamento para asentar a que su bomba se establezca sin demora, pues por la incertidumbre de la potencia, debería cualquiera alamar su cordura, y desear ver el desempeño a costa de otros?"

Zarauz hace cargo a Elhuyar (39) por no haber calculado el precio de su máquina, comparándolo con el de los malacates, en

lo que Elhuyar acepta que no admiten comparación ambos costos, pero espera que será mayor la utilidad que el costo de la máquina, y que un avalúo exacto sólo podría hacerse después de construida en grande la máquina.

Ante esta discrepancia de pareceres se pidió el dictamen de los Catedráticos, quienes decretaron que se procediera a verificar en grande la máquina del Sr. Director de Minería "esperando que redunde en gran beneficio del importante cuerpo de Minería" (40).

¿Qué importancia debe darse al hecho de que Don Fausto Elhuyar no se haya dado cuenta del valor del vapor como fuerza motriz? Pues le parecía un desvío la conveniencia de importar bombas de vapor inglesas, y para demostrar su celo como funcionario, proponía el uso de una máquina hidráulica impulsada por fuerza animal, ésto ya en el año de 1804, lo que significa que Elhuyar se quedó a la zaga en cuanto al progreso de la tecnología universal. De otra forma, ¿cómo se explica su violenta polémica con Zaráuz, donde menciona el sistema de bombas escalonadas, considerándolo más eficaz que el "que se usa en Europa para el desagüe de las minas"?

Lo que quiere decir que Elhuyar no conoció los portentos con que las bombas de Watt revolucionaron a Inglaterra. De otro modo,

no nos explicaríamos su categórica reiteración de ideas diciendo:-
"Mientras no variasen las circunstancias, se simplificase y perfeccionase la construcción de las bombas, como también la máquina motora, no sería muy adaptable en un país en que la escasez de agua en la superficie, permite en pocos casos la aplicación de ruedas hidráulicas y otros arbitrios de esta clase, y obliga a valerse de las bestias, agentes muy costosos, pero el más propio de estas regiones".

Este era el estado de atraso en que se encontraba nuestra Tecnología Hidráulica minera antes de iniciarse la Guerra de Independencia, y cuál fue el papel que desempeñó el Real Seminario de Minería en el desarrollo de la técnica minera de nuestro país.

El Colegio de Minas no logró obtener grandes frutos, a pesar de que sus planes y métodos ideados por Velázquez de León eran grandiosos. Lo que motivó su fracaso fué que dicho Colegio surgió como una dependencia del Tribunal de Minería y como una institución de crédito, hecho que anuló el prestigio del Tribunal, y por ello el Colegio; desde que vio la luz tuvo una vida precaria, tanto en lo económico como en lo administrativo.

Hay que considerar que el Colegio inició su funcionamiento cuando ya había muerto Don Joaquín Velázquez de León y también

Don Juan Lucas de Lassaga, quien colaboró con Velázquez de León en la creación de dicho Colegio. De aquí que su realización fuera obra de don Fausto Elhuyar, hombre con calidad científica, pero carente del entusiasmo necesario para llevar a cabo este tipo de empresa, y tal vez le faltó también el arraigo éspiritual dentro de la nueva comunidad nacional (41).

LA INTRODUCCION DE LA MAQUINA DE VAPOR EN MEXICO.

En el año de 1918, el 9 de Agosto, se dicta una Real Orden en la que se recomienda el uso de máquinas de vapor en las Minas, ya que los resultados obtenidos por el uso de éste tipo de máquina en el Real de Santa Rosa en el cerro de Yauricocha, en Perú, fueron sobresalientes. Se concede además por ésta Real Orden, absoluta libertad de derechos para su introducción, ya sean de Estados Unidos o de Inglaterra; con el agregado incentivo de premiar al primer dueño de minas que las ponga en funcionamiento, con la Gran Cruz de Isabel la Católica. Reconociéndose además que éste tipo de máquina era una de las aportaciones más importantes a la minería desde su inicio.

Antes de conocerse en la Nueva España ésta última Ordenanza Real, Don Tomás Murphy, minero de los Reales de Guanajuato y Pachuca, se había presentado el 21 de Noviembre de 1818 ante el Gobierno con la solicitud de que se le otorgara la concesión exclusiva durante diez años para traer la Máquina de Vapor, con el propósito de resolver el problema de desaguar las minas; comprometiéndose además a traer la clase de máquina necesaria para cada tipo de labor. Las condiciones específicas que proponía eran

las siguientes:

1. - Se sujetaría a la autoridad del Supremo Tribunal de Minería..
2. - Se le debería reintegrar el costo fitegro de la máquina puesta en Veracruz.
3. - Se le bonificaría la mitad del ahorro que representaría el usar las máquinas, comparando con el uso de los malacates durante un período de 25 años.
4. - Pidió además se le permitiera traer las máquinas directamente de cualquier puerto neutro de Europa o de América.
5. - Franquicia de toda clase de derechos de importación o internación.
6. - Que vinieran en buques extranjeros para obtener una mayor expedición.
7. - Licencia para traer a los expertos extranjeros necesarios para ponerlas en funcionamiento.

Esta solicitud pasa el Tribunal de Minería, el cual la acepta como el único medio de remediar el deplorable estado de la minería en el país (42).

Aquí cabe mencionar una opinión al respecto, de Don Fausto Elhuyar, quien tanta importancia tuvo en todas las gestiones sobre la introducción de la Máquina de Vapor.

"Con motivo de haberme V. E. pasado informe de la solicitud instaurada en el Superior Gobierno por Don Tomás Murphy, sobre privilegio exclusivo para introducir en este Reyno Máquinas de Vapor con destino al desagüe de las Minas, he tomado conocimiento por una parte de la Real Orden de 9 de Agosto último, relativa a la propia materia, y por otra del estado en que se halla el expediente formado sobre la misma desde el año de 1804, a consecuencia de anteriores Reales Ordenes, de 2 de Noviembre de 1803 y 12 de Enero de 1805 por los cuaderos agregados en el Superior Gobierno a la expresada solicitud".

En respuesta a ésto Elhuyar propone los medios para lograr que se apliquen las máquinas de vapor en el desagüe de las minas; ya que en Europa se había difundido su uso con magníficos resultados. Advierte que debido a los disturbios en Europa no ha llegado a nuestro país suficiente documentación sobre el funcionamiento de las máquinas, de las mejoras que se han llevado a cabo en ellas por medio de sucesivos perfeccionamientos, logrando con ello ahorrar combustible y aumentar su potencia, por lo que es importantísimo hacer llegar desde Europa, las obras de reciente publicación al respecto, para tener la certeza de qué máquinas son las que deben emplearse por los mineros de nuestro país; e incluso menciona

lo conveniente que sería el traer alguna con fondos del Tribunal de Minería para someterla a estudio y comprobar sus efectos.

Sobre la propuesta hecha por Don Tomás Murphy para introducir las máquinas en nuestro país, la juzga conveniente y además como la solución más rápida; pero considera que no se obtendrían resultados favorables si al mismo tiempo no se trata de proporcionar en abundancia el combustible que se requiere para que funcionen dichas máquinas, siendo éste el problema vitan en nuestro país.

"A este punto como cardinal y base esencial para la plantificación de las expresadas máquinas me he propuesto principalmente llamar la atención a este Tribunal, por ahora como propio de su instituto al alcance de sus facultades, y en algún modo obligación que le impone la Ordenanza, así por el cuidado que en general debe tener en todo lo conducente al alivio y fomento de la Minería, como por el que peculiarmente se encomienda en los artículos 12, 13 y 14; el 13 con respecto a los montes y selvas próximas a las minas".

"Este último ramo, al que hasta aquí no se ha aplicado ningún cuidado, se halla en el más deplorable estado, entregado a la arbitrariedad y capricho, tanto de los dueños de las haciendas de

campo, como de los particulares, que sin consideración talan cuanto se les presenta en árboles y arbustos, sin que nadie les venga a la mano, ni se haga diligencia alguna para su replantación y reproducción".

Este es, según Elhuyar, el motivo por el cual en la mayor parte de las poblaciones hay escasez de leña, siendo este el factor primordial que debe resolverse para difundir el uso de las máquinas. La solución a ello, es la conservación y cuidado de los bosques. Ya con anterioridad se había pensado en suplir esta falta de combustible con arbustos de monte bajo, como se hacía en la Mina de Almadén. Para ello se pidió a todas las intendencias del Reyno se investigara si habría esta posibilidad en los minerales de su jurisdicción. Pero por las contestaciones recibidas se llegó a la conclusión de que eran pocos los parajes en que existía monte bajo, aunque no fue posible reunir datos precisos, por los disturbios ya existentes en el país.

Considera de gran importancia, el que se tomen medidas rápidas para lograr que se pueblen los bosques y cerros circunvecinos, para que en pocos años se obtenga un monte bajo que se reproduzca, siendo ésta la forma de lograr que se generalice el uso de las máquinas de vapor en las minas. Este procedimiento es

lento, por lo que también dá como solución el localizar criaderos de carbón de piedra, además de los ya conocidos en Nuevo México, proponiendo para ello que se premie con efectivo a los que los encuentren, con la única condición de que sean criaderos formales de los que se obtenga abundante saca de carbón y que no sean muy distantes de un Real de Minas, para no elevar al costo del combustible el del flete.

Por los medios indicados considera Elhuyar que la difusión de la máquina de vapor sería rápida y de enorme beneficio para la minería. (43).

A pesar de la urgencia en desaguar las minas, de la Real Orden y de las existentes opiniones a favor, aunque el Tribunal de Minería aceptó la solicitud de Don Tomás Murphy, en un nuevo examen en el propio Tribunal, se rechazó dicha solicitud por los motivos siguientes:

- 1) Por oponerse a la libertad que la Real Orden del 9 de agosto de 1818 daba a todos los mineros para solicitar las máquinas de vapor en forma independiente.
- 2) Se considera excesiva la base fijada por Don Tomás Murphy, en caso de queja de los mineros acerca del rendimiento de las máquinas.

- 3) Existiendo artículos en las Ordenanzas de Minería que reglamentaban la introducción de nuevos inventos, se considera que el privilegio solicitado en exclusiva durante 10 años era excesivo.
- 4) La bonificación de la mitad del ahorro de gastos que proporcionarían las máquinas por 25 años, también se consideraba excesiva.
- 5) Se oponen a premiar intereses privados, en este caso al inventor de la máquina, sino que por lo contrario, proponen hacerlo a quienes den a conocer sus inventos para beneficio de todos. Y por último se considera la necesidad de traer a Nueva España varios tipos de máquinas, creando con ello una Compañía de Accionistas.

El Tribunal de Minería decide, en vista de lo anterior, consultar con las principales diputaciones de Minería del Reino. Expte de una circular donde se comunica todo lo expuesto anteriormente y se propone la suscripción de acciones para formar una Compañía, solicitándose además, una respuesta individual de cada Diputación al Tribunal (44).

El Virrey Don Juan Luis de Apodaca, enterado de los hechos, presionaba al Tribunal para que diera una contestación definitiva,

sin esperar la respuesta de las Diputaciones, y emite, basado en la Real Orden del 9 de Agosto de 1818, un Bando sobre las Máquinas de Vapor:

"Don Juan Ruiz de Apodaca y Eliza, López de Letona y Lasqueti, Conde del Venadito, Gran Cruz de las Reales Ordenes de San Fernando y San Hermenegildo, Comendador de Bailaga y Algarga en la de Calatrava y de la Condecoración de la Lis de Vendé, Teniente General de la Real Armada, Virrey, Gobernador y Capitán General de esta Nueva España, etc.

"El Excelentísimo señor Ministro de Guerra, Don Francisco de Equía, en Real Orden del 6 de Agosto último, me dice entre otras cosas la siguiente:

"Excelentísimo Señor:- noticioso el Rey, nuestro señor, del trastorno que han sufrido las minas de Nueva España, por los accidentes desgraciados de la revolución desoladora que ha aniquilado la riqueza de ese Reino y las fortunas de gran porción de vasallos beneméritos, los cuales se han visto obligados a desamparar las labores de sus minas, resultado de ésto hallarse inundadas, y por lo tanto sin sacar de ellas los metales de que son susceptibles; y como por el método y máquinas conocidas en ese Reino con el nombre de malacates, no sólo sería sumamente costoso el desa-

güe de las minas, sino que acaso no se lograría el fin deseado por el mal estado en que se hallan, y deseando S. M. dar una prueba nada equívoca a sus amados vasallos de América, que a pesar de la distancia tiene presente sus urgencias; se ha cerciorado S. M. del buen éxito que ha tenido el establecimiento de las máquinas de vapor para el desagüe de las minas del Real de Santa Rosa en el cerro de Yauricocha, en el Reino de Lima, debido dicho establecimiento al celo y actividad del Virrey Marqués de la Concordia, y a la de su sucesor Don Joaquín de la Pezuela, que protegieron a una compañía que se formó para costearlas, y con singular aplauso vieron realizados los prodigiosos efectos de las mencionadas máquinas, y aún adelantaron el ingenio mucho más de lo que se esperaba, pues han establecido también otras máquinas de vapor para la extracción de metales con conocida utilidad, y convencido el piadoso corazón del Rey, nuestro señor, para no permitir la ruina que amenaza a la Minería en ese Reino, porque la sabiduría de S.M. conoce que con una elaboración tan apática es irremediable su total destrucción por consunción, y por lo mismo quiere S. M. evitarla con oportunidades y previsión, proporcionándoles en su lugar las grandes ventajas y beneficios de que disfrutaban los mineros de Lima.

"Guiado el Rey, nuestro señor, por tan nobles y generosos sentimientos, me manda diga a V. E. que es su soberana y decidida voluntad el que, por cuantos medios sean imaginables, y le dicta a V. E. su acreditado celo y amor al buen servicio de S. M., haga se establezcan dichas máquinas de vapor para el desagüe y extracción de metales de las minas de ese Reino, y que S. M. concede absoluta libertad de derechos a la introducción de dichas máquinas en él, bien sean de los Estados Unidos o de Inglaterra, para lo cual dará V. E. las órdenes convenientes a quien corresponda.

"También quiere S. M. haga V. E. saber esta Real Orden al Tribunal de Minería y a los dueños de minas, para que por compañías o en particular, el minero que quiera, lleven y establezcan dichas máquinas, asegurándoles al mismo tiempo que S. M. tendrá por un distinguido mérito para todos los que la realicen, y en prueba de ésto, promete S. M. premiar al primer dueño de mina que ponga corrientes ambas máquinas, y presente desaguada y elaborada su mina con ellas, con la Gran Cruz de Isabel la Católica, y a los demás mineros se les premiará según actividad y celo que hayan demostrado en tan importante empresa, pues será uno de los acontecimientos más felices que habrá tenido la Minería

desde su descubrimiento.

'Como es indispensable que en las agitaciones de la Revolución se hayan dispersado los jornaleros trabajadores de minas, sus administradores y demás empleados en ellas, los exhortará V. E. por todos los medios que le dicte su celo y prudencia para que vuelvan al seno de sus familias y al trabajo de ellas, y si hubiese causa formada de infidencia contra algún Administrador o dueño propietario de Mina o dependientes de ellas, siempre que éstas sean de aquellas que las leyes permitan su soltura bajo la fianza carcelera de sus personas y precedida ésta, los pondrá V. E. en libertad para que vayan a residir precisamente en el lugar de sus minas y no en otra parte; con el objeto de fomentirlas y beneficiarlas dejando suspensas y archivadas sus causas en el estado en que se hallen sin molestarles por ellas, a menos que con su conducta posterior falten a dar pruebas de su fidelidad al Rey V. M. y de su laboriosidad y aplicación al trabajo Mineral, tomando V. E. para saberlo las medidas, prevenciones y precauciones propias del celo de V. E. el mejor servicio de S. M., pero el que cumpliendo exactamente con sus deberes como es de esperar, será protegida y respetada su persona y bienes, y para que se verifique, hará

V. E. el más estrecho encargo a todas las autoridades que corresponda, porque ésta es la decidida voluntad de S. M., tan hermanada con lo que tanto recomiendan las leyes.

"Siendo la agricultura la base principal para que florezca la Minería y todos los demás ramos de la Monarquía, quere S. M. que si algunos dueños de haciendas o sus Administradores las hubieran abandonado bajo el pretexto de si existen o no insurgentes en el territorio, los estimula V. E. por todos los medios que le dicte su celo para que vayan otra vez a establecer las labores, pues del abandono de ellas se siguen a S. M. y a sus vasallos los perjuicios que no pueden ocultarse a la penetración de V. E., y para animarlos a ello será muy conveniente y muy del agrado de S. M. el que V. E. dé las órdenes convenientes a los comandantes militares, y no sólo para que no molesten a los pacíficos labradores (porque no es justo), sino para que los protejan, auxilien y defiendan de cualesquiera bandidos que se presenten a incomodarlos, prohibiéndoles absolutamente el saqueo y las contribuciones arbitrarias, que por lo regular tantos males acarrearán, y tal vez suele ser el principal de los motivos porque los labradores abandonen sus hogares, pues aunque es muy justo que la tropa se mantenga, también lo es que ésto debe hacerse en orden y sistema, que es la

manera de no descontentar a nadie.

"El Rey, V. S., confía en el acreditado celo y tino y prudencia de V. E. que todo cuanto va referido será ejecutado conforme a su real voluntad, y con la actividad que tanto interesa y conviene al bien y fomento de su Reino y de sus amados vasallos, comunicando V. E. ésta Real Orden al Comandante General de provincias internas al pendiente de Guadalupe y a los gobernadores de las plazas, para que la hagan saber a los mineros y placenteros de sus respectivos distritos y demás a quien corresponda, dándome V. E. avisó del recibo y de cuanto se haya adelantado en el asunto para llevarlo a la soberana noticia del Rey V.M.. Dios guarde a V. E. - Madrid, 9 de Agosto de 1818. - Cúmplase lo que S. M. manda en ésta Real Orden y al efecto, después de contestarse su recibo y ofrecer su ejecución en los términos que tengo acordados, trasládese al Real Tribunal de Minería lo concerniente a las bombas de vapor para su inteligencia, y que lo circule a las diputaciones territoriales, para noticia de los dueños de minas. Trasládese también a la Real Sala del Crimen y al Sr. Auditor de Guerra el artículo que previene lo que debe observarse con los individuos de la profesión de Minería que hayan incurrido en el crimen de infidencia, para que tengan presente ésta soberana disposición en los ca-

sos que ocurran, y finalmente expídase una circular a los comandantes generales de las armas de las Provincias de éste Reino y a los de las divisiones principales, haciéndoles entender lo que S. M. se sirve prevenir acerca de la protección que deben dispensar a los labradores pacíficos, combinándose todo con la reserva que indica y habiendo pasado ésta soberana disposición a la vista de los Sres. Fiscales de Real Hacienda y de lo Civil para que promoviesen lo conveniente a su observancia, de conformidad con su pedimento y lo consultado por el Señor Asesor General de éste Virreinato, he determinado en decreto de hoy que se publique por Bando de ésta Capital y en las demás ciudades, villas y lugares del Reino, para que enterándose de ella los vasallos del Rey nuestro señor, conozcan sus paternales desvelos; y a fin de que los dueños de minas, y aún los que no lo son, y quieran cooperar a tan benéfico establecimiento instruídos de las gracias que S. M. ha concedido y ofrecido, puedan usar del derecho que adquieren en ellas. Dado en México el 11 de Mayo de 1819

El Conde del Venadito

Rúbrica

Por mandato de S. E. José Ignacio de Berasúeta" (45).

Don Tomás Murphy, enterado de todo lo anterior, decide aceptar una nueva condición en su solicitud: si al cabo de un año de funcionamiento se demostrara que las máquinas introducidas por él no eran útiles, él renunciaría a sus derechos y se sometería al juicio del Tribunal de Minería.

Mientras tanto, se recibieron las contestaciones de las Diputaciones consultadas por el Tribunal de Minería, que fueron las de Catorce, Guanajuato, Zacatecas, Pachuca y Sombrerete (46).

Es importante hacer notar que las diputaciones aceptaron unánimemente la idea de introducir la Máquina de Vapor para desaguar las minas, con la salvedad de que la situación económica les impediría participar como accionistas en la Compañía propuesta.

La Diputación de Zacatecas hace hincapié en que la falta de combustible en su Distrito imposibilitaría el funcionamiento de las máquinas, y la de Catorce solicitaba, además, autorización para llegar a un acuerdo particular con Don Tomás Murphy.

Se convocó a una junta (47) el día 13 de Enero de 1820 con objeto de discutir la conveniencia de formar la Compañía para introducir la Máquina de Vapor en México. Se mencionó que no se tenía idea del costo de las máquinas. Se leyó, a instancias del Marqués del Apartado, una carta escrita por Don Lucas Alamán el

16 de julio de 1819 y dirigida al Conde de la Valenciana, pero en ella tampoco se indicaban "los costos de conducción de las máquinas por mar y tierra, ni los de ponerlas en el lugar en que vayan a obrar". Se propuso que si se estimaba el costo de una máquina en cien mil pesos, no faltarían interesados en adquirir acciones de la Compañía a razón de 500 pesos cada una. El Marqués del Apartado sugirió que las acciones fueran de cien pesos, similares a las que se expidieron para el sostenimiento del Teatro de la Habana. El Sr. Olarria formuló unas preguntas, muy en su lugar, tales como: si la Compañía ha de ser la que inteme las máquinas; si ésta internación será libre de derechos; en qué mina se ha de situar la máquina; si a los contribuyentes se les reintegraría su inversión; si ha de quedarles algún interés sobre la máquina beneficiada, etc.

Posteriormente hubo suscripciones inmediatas por cantidades variables, y suscripciones diferidas hasta después de la formación de la Compañía.

Posteriormente hubo otra junta en que se discutió sobre la aclaración de los derechos que tendría la Compañía sobre las minas, considerando que en el Artículo 15, Título 10, de la Ordenanza, se estipula que todo aquel que no pueda mantener el designe de su mina la pierda, porque al crearse la Compañía y lograrse

éste propósito, el minero saldría beneficiado.

En segundo término, que era necesario aclarar que en el caso de que la máquina de vapor no lograra desaguar las minas, sí podría ésto hacerse por medio del método ya usado de los malacates, haciéndolo la misma Compañía, o, si el compromiso de ésta, era sólo lograrlo por medio de las máquinas de vapor?, a lo que se contestó, dado el caso, ésta podría valerse de los medios que juzgara necesarios para lograr el desagüe.

Se indicó la duda de que en caso de que no surtiera efecto la máquina de vapor, y la Compañía aviadora intentase continuar el desagüe de la mina en que ya se había instalado la máquina de vapor, ¿a cuenta de quién había de ser el costo de ésta, y de quién los gastos realizados al establecerla?. Se respondió que ni siquiera se había considerado éste problema, ya que los efectos de las máquinas eran conocidos y sus resultados infalibles. Pero en caso de que no funcionara era prudente que éstos gastos los aportara la negociación donde se instalara la máquina. Sobre éste particular se omitieron opiniones adversas

Se señaló también el que podría presentar el problema de que las máquinas no fueran de las dimensiones necesarias, llegando a la solución de que podrían traerse de mayor tamaño, como se había

hecho en las minas de Almadén, lográndose así el éxito.

La votación sobre el plan presentado para crear una Compañía se llevó a cabo, lográndose la mayoría, pasando después a proponer el Real Tribunal a los señores mineros su opinión acerca de la solicitud presentada por Don Tomás Murphy, a lo que se contestó que no se le diera el privilegio exclusivo; que sólo se le otorgara en caso de no lograrse la creación de la Compañía, y desde luego, sujeto a las modificaciones que califique el Real Tribunal justas y convenientes. También se estableció que si en un lapso de seis meses no lograba establecerse la Compañía, sí se le concediera a Murphy éste privilegio, pero con la condición de que las máquinas no sólo las hiciera llegar hasta Veracruz, sino hasta los Reales de Minas en que habrían de instalarse.

Desde luego, se señaló que la creación de la Compañía sería más ventajosa para el público, que la propuesta de Don Tomás Murphy, pero que, dadas las circunstancias, habría que aceptar que de no verificarse ésta, lo importante era el lograr la introducción de la máquina de vapor, aunque para ello se otorgara la concesión a Murphy.

Dado el interés de Murphy en éste asunto, se le citó ante el Tribunal, compareciendo en su lugar su apoderado el Lic. Don José

María Espino, debido a la ausencia de Murphy. Este se negó a hacer comentarios acerca de las ideas que Murphy pudiera tener respecto a los detalles de la introducción de la máquina de vapor, ya que ello podría redundar en perjuicio de sus intereses, en caso de que no se estableciera la proyectada Compañía, y por ello no se le otorgara la concesión (48).

El expediente en donde se reúne todo lo ya expuesto pasa a manos del Superior Gobierno. Es claro el hecho de que, por el momento, el Tribunal se inclinaba porque se creara una Compañía de accionistas, aceptando el plan de que participaran en ella los mineros y aviadores, y que se sujetara todo el funcionamiento de la Compañía a las condiciones impuestas por las ordenanzas de Minería y en aplicación al caso en cuestión. Se aclara, además, en qué forma podría el gobierno facilitar la importación de la máquina de vapor, y se elabora también una reglamentación para su funcionamiento.

El proyecto de plan de la Compañía constaba de los siguientes puntos fundamentales:

- 1º. La idea original fué presentada por los consultores llamados por el Tribunal de Minería.
- 2º. Las opiniones presentadas por las principales Diputaciones

de Minería.

- 3º. Los fiscales de Hacienda y de lo Civil hacen partícipes a mineros y aviadores residentes en la capital, dando como resultado que la Compañía no sólo introdujera las máquinas de vapor, sino al mismo tiempo dicha Compañía se convirtiera en aviadora de las minas donde funcionarían las mencionadas máquinas de vapor, con lo que la idea original cambia por completo.
- 4º. Se seguirían usando los medios acostumbrados para desaguar las minas en caso de que las Máquinas de Vapor no funcionasen, cambiando totalmente el propósito que motivó la formación de la Compañía.
- 5º. Entre otras cosas, la Compañía se encargaría de la habilitación de las minas, sustituyendo a las máquinas de vapor en lugar de los malacates y demás medios comunes; ésto dirigido a impresionar a los dueños de las minas.
- 6º. Concluye opinando que mientras más pronto se formara la Compañía, más útil sería, y que éste plan merecía ser aprobado en tanto no se opusiera a las Ordenanzas del Tribunal de Minería.

Por medio de un decreto del 19 de Julio de 1820, el Virrey

informa a las Diputaciones Provinciales de todos los acontecimientos, además de dos documentos presentados por Don Tomás Murphy, en que retira su solicitud de exclusividad para la introducción de la Máquina de Vapor, en vista de que el Rey de España le había concedido a su hermano, Juan Murphy, el privilegio exclusivo de introducir a la Nueva España nuevas máquinas de agua, aire o fuego, para desaguar y explotar las minas. Este privilegio cancelaba a cualquiera concedido con anterioridad.

Debido a la tardanza en la llegada de noticias a la Nueva España, y en vista de los acontecimientos que se desarrollaban en la Península, Don Tomás Murphy, después de estudiar la fecha en que el Rey de España había concedido el citado privilegio a su hermano Juan, decide volver a presentar su solicitud, ya que considera nulo dicho privilegio.

En vista de lo propuesto por el Tribunal de Minería, y que de acuerdo con sus Ordenanzas era irrealizable, se trata entonces de expeditar la solicitud modificada de Don Tomás Murphy y la de su hermano Juan, que debido a la vigencia de la Constitución de Cádiz y su rechazo posterior, quedaría bajo la jurisdicción de las Cortes, y no del Rey.

La recomendación del Virrey de que se resolviera este asunto,

que habia sido aplazado una y otra vez, y que era de vital importancia para el reino, se hace patente en todos los trámites acumulados en el expediente de referencia (49).

Es de lamentarse que entre los escritos remitidos al Superior Gobierno no se encuentre aquel que presente la resolución final.

OTRAS FUENTES QUE SE REFIEREN A LA INTRODUCCION DE LA MAQUINA DE VAPOR EN MEXICO

El estudio de la introducción de la primera máquina de vapor en México, se ve complicado por la falta de documentación en nuestros archivos; sin embargo, existe un libro publicado en el año de 1824. "Selections from the Works of the Baron de Humboldt, relating to the climate, inhabitants, Productions and Mines of Mexico, notes by John Taylor Esq. Treasurer to the Geological Society, etc!"

Que como indica su título, se trata de una selección de las obras del Barón de Humboldt recopiladas por un contemporáneo suyo, que inclusive tuvo oportunidad de entrevistarse con el Barón y de hacerle una serie de preguntas conectadas con el estado de la Minería en Nueva España.

Lo que nos interesa acerca de este documento, es el hecho de que presenta un análisis objetivo de la situación de la Minería en la Nueva España antes de 1810, y de la forma en que se podía resolver el problema de la baja producción por falta de medios adecuados para el desagüe de las minas.

Consideramos además digno de mencionarse, el hecho de que

Taylor afirma tener conocimiento de una Máquina de Vapor instalada en la Mina de la Concepción en el Real de Catorce. Este dato es de suma importancia, ya que un minero de Cornwall, Inglaterra, Robert Phillips fué el que se ocupó de la instalación y funcionamiento de dicha máquina, y escribió a Taylor directamente cuando se encontraba radicado en la Nueva España.

Esto sucedía en 1819, y no sería remoto el que la máquina instalada hubiera llegado a México solicitada por Don Tomás Murphy, pues las fechas coinciden, aun cuando no se tenga un dato preciso. Otro argumento que viene a confirmar esta suposición es también mencionado por Taylor, ya que dice estar enterado de la intención de una respetable casa de Londres de enviar una máquina de vapor a México, también en el año de 1819. Esta casa de Londres menciona haber tenido correspondencia con Don Fausto Elhuyar, Presidente del Tribunal de Minería, lo cual nos indica que ya se habían hecho averiguaciones acerca de las máquinas de vapor desde México, para presentarlas como evidencia ante el Tribunal de Minería que ya citamos.

Aunque no nos corresponde tratar del establecimiento de Compañías en las que interviniera el capital extranjero para la explotación de las minas en México, debemos mencionar que las

primeras se formaron con capitales ingleses, pero esto sucedió ya después de consumada nuestra Independencia, y por iniciativa de Don Lucas Alamán.

Cuando las compañías inglesas empiezan a intervenir directamente en la explotación minera, una de las minas más importantes que trabajaron fue la de Morán, propiedad de Don Tomás Murphy. Taylor indica que parece haber sido la única mina en México donde se probaron bombas (no menciona fecha). Eran las llamadas "Machine a Collone d'eau", erigidas por un ingeniero alemán, y dice: "Lograba sacar el agua con bombas de 9 pulgadas que operaban 12 horas diarias logrando su cometido, pero el río que suministraba la potencia, sólo tenía suficiente agua en la época de lluvias, tres meses al año, por lo que la máquina se abandonó".

El 8 de Julio de 1820, informó Elhuyar sobre las condiciones de las máquinas de vapor que ofrecía traer al país el americano Santiago Smith Walcochs, Según Burckart, la primera máquina de vapor inglesa fue introducida en las minas de Catorce, seguramente para mover bombas de desagüe, en 1821 (50).

Existe también un extracto del reporte del Ministro de Relaciones Exteriores y del Interior, que era Don Lucas Alamán, dirigido al Congreso Constituyente Soberano, reunido en México el 10

de Noviembre de 1823, por el cual podemos indicar una fecha en que se introdujo en nuestro país la Máquina de Vapor, en el que se expone; que es un principio admitido el que el estímulo más directo que se le puede dar a la agricultura e industria, es el de facilitar el consumo de los productos de la primera, y la venta de las manufacturas de la segunda.

Si se considera a las minas bajo este aspecto, se encontrará que ellas contribuyen enormemente a la prosperidad de esas esenciales ramas de la riqueza pública, por la gran cantidad de gente que emplean en sus labores, por los animales empleados en manejar la maquinaria y en el transporte del mineral, de lo que resulta un gran consumo de grano, así como de jabón, papel, hierro, etc.; lo cual le da un poderoso impulso a la agricultura, a las artes y al comercio.

Las minas son el principio activo de las otras ramas de la industria, ya que requieren para su manufactura, gran cantidad de maquinaria e ingredientes, por lo que puede decirse que el minero distribuye los fondos libremente entre obreros, mercaderes y artistas, y la prosperidad de estas clases depende principalmente del impulso que les den a las minas.

Menciona también que varios capitalistas extranjeros están

dispuestos a invertir grandes sumas en el drenado y operación de las minas principales, las que, debido a las desastrosas consecuencias de la guerra, han quedado inundadas, y por ello no operan regularmente.

Las máquinas de vapor que se intenta introducir, y de las cuales dos se están erigiendo: una en Temascaltepec y la otra en Real del Catorce, contribuirán indudablemente a lograr mejores resultados (51).

CONCLUSIONES.

Después de haber presentado todos los datos que consideramos pertinentes acerca de "La Introducción de la Máquina de Vapor en México," llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1a. El carácter de aislamiento en que se encontraba la Nueva España con respecto a los países europeos, incluso a los Estados Unidos, provocó su atraso; este aislamiento total con el exterior impedía todo impulso comercial. Aunándose a esto la existencia de desfavorables instituciones políticas, un régimen opresivo, circunstancias climatológicas y geográficas adversas, escasez de población que vive dispersa en una superficie de más de 4 millones de kilómetros cuadrados, el monopolio de la riqueza en manos del clero, y en fin, la fíndole colonial, cerrada y feudal de la Economía, factores que nos explican el que la Revolución Industrial haya sido en nuestro país un fenómeno tardío, con respecto a los países europeos.
- 2a. La industria minera se explotó fundamentalmente para beneficiar a la Corona de España, sin tomar en consideración las

necesidades ni el futuro desarrollo de la Colonia.

- 3a. Desde el punto de vista del sistema de explotación minera, se utilizaron métodos anticuados, que a la larga se convirtieron en factor negativo, y limitaron la producción.

El problema más agudo lo constituyó el desagüe de las minas, y en vez de resolverse con métodos ya usados y probados en otros países, se insiste en seguir empleando el malacate, sin considerar que era un método de muy bajo rendimiento, además de ser muy costoso.

- 4a. Cuando se propuso la introducción de la máquina de vapor para operar bombas destinadas al desague de las minas, los funcionarios respectivos se opusieron mediante razonamientos técnicos fundamentalmente equivocados, provocados quizá por una incompleta información técnica al respecto.

- 5a. Desde España el Rey insistía en que se introdujera la máquina de vapor, con el objeto de acrecentar la producción minera para beneficio de la Corona.

- 6a. A pesar de que Tomás Murphy propuso encargarse de la introducción de las mencionadas máquinas mediante ciertas condiciones, las autoridades, con cierta estrechez de criterio,

se negaron a aceptar su proposición, considerando exageradas sus pretensiones. Estas autoridades, conociendo los problemas económicos de la Colonia, y considerando que ésta se hallaba en plena Revolución y que la situación económica de los mineros era también depresiva, insistían a pesar de ello en crear una compañía de accionistas para lograr los fines que pretendía Murphy, en condiciones más convenientes. Era de esperarse que dicha Compañía no se creara, y así fué.

- 7a. Cuando Don Fausto Elhuyar se convenció de que la solución al problema minero era la introducción de la máquina de vapor, la recomendó, no sin antes sugerir una reforestación y una vigilancia especial contra los taladores. De paso, es importante hacer notar que el problema forestal tiene carácter perenne en nuestro país.
- 8a. La introducción de la máquina de vapor se logró con la cooperación de compañías extranjeras, idea sugerida por Don Lucas Alamán. Este problema ya existente en nuestro país por largos años, y que se debe a nuestro continuo atraso, nos hace aún depender en algunos casos del capital extranjero para la instalación de métodos modernos de producción.
- 9a. La actitud retrógrada y conservadora de los dirigentes de la

minería de la Nueva España, fué en este caso específico, la causa directa de un atraso real en un aspecto importantísimo de la economía del país.

10a. La actitud negativa de los organismos mineros es un ejemplo de lo que estaba sucediendo en todos los aspectos de la vida económica de la Nueva España.

11a. La máquina de vapor se introdujo en México entre 1819 y 1823.

C I T A S

- 1.- ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ILUSTRADA EUROPEO-AMERICANA. Edición Espasa Calpe. Madrid, Barcelona.- Tomo 32. Pag. 1171.
- 2.- ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ILUSTRADA EUROPEO-AMERICANA. Edición Espasa Calpe. Madrid, Barcelona.- Tomo 32. Pág. 1178.
- 3.- SCHUHL, PIERRE MAXIME Maquinismo y Filosofía. - Editorial América. Pag. 63. Méx. 1941.
- 4.- SCHUHL, PIERRE MAXIME Maquinismo y Filosofía. - Editorial América. Pag. 65. Méx. 1941.
- 5.- ENCICLOPEDIA BRITANICA Editorial Advise. 1947. U.S.A. Volumen X Pag. 948.
- 6.- KIAULEHN, WALTER Los Angeles de Hierro. - (Origen, Evolución y Poder de las Máquinas). Editorial Labor. Barcelona Madrid. Pag. 155.
7. ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ILUSTRADA EUROPEO-AMERICANA. Edición Espasa Calpe. Madrid. Barcelona.- Tomo 32. Pag. 1179.
8. MANTOUS, PAUL La Revolución Industrial en el Siglo XVIII.- Editorial Aguilar. Madrid. 1959-1962. Pág. 174.
9. SEMINARIO DE LA INDUSTRIA MEXICANA Tomo 1. México, 15 de Junio 1841.
10. MOTTEN, G. CLEMENT Mexican Silver and Enlightenment. University of Pennsylvania. 1950. Pag. 5.
11. CHAVEZ OROZCO, LUIS Bancos y Banqueros. Artículo publicado por el autor.
12. VELAZQUEZ DE LEON, JOAQUIN Manuscritos Inéditos. Archivo General de la Nación. s/n.
13. NAVARRO, GLORIA AURORA La Revolución Industrial en México. Tesis Mecano-escrita. La Influencia Española en el Desarrollo de la Industria en México.
14. BARGALLO, MODESTO La Minería y la Metalurgia en la América Española durante la Epoca Colonial. Fondo de Cultura Económica. México. 1955. Pags 309-313.
15. CHAVEZ OROZCO, LUIS Conflicto de Trabajo con los Mineros de Real del Monte 1776. México. Inst. Nac. de Estudios Hist. de la Rev. Mexicana. - 1960.
16. NAVARRO, GLORIA AURORA La Revolución Industrial en México. Tesis Mecano-escrita. La Influencia Española en el Desarrollo de la Industria en México.

17. MOTTEN, G. CLEMENT Mexican Silver and the Enlightenment. Philadelphia University of Pennsylvania. 1950. pag. 16.
18. MOTTEN, G. CLEMENT Mexican Silver and the Enlightenment. Philadelphia University of Pennsylvania. 1950. pag. 18.
19. CLAUDE Y PAUL ANGE" Diccionario Larousse. París. 1963. Pag. 606
20. ALZATE, JOSE ANTONIO Gacetas de Literatura de México. Tomo IV Puebla 1831. Pags. 22, 28, 258, 262, 264, 268, 292, 296, 310, 318, 329, 344, 435.
21. HUMBOLDT, ALEJANDRO DE Ensayo Político sobre el Reino de Nueva España. México. 1941. Tomo III. Pags. 234, 252, 268.
22. VELAZQUEZ DE LEON, JOAQUIN Sección de Historia. Volúmen 558. Archivo General de la Nación.
23. ARCHIVO GENERAL DE LA NACION, Vols. 1290, Sec. de lo Civil y Vol. I. Sec. de General. Hay más noticias sobre Iranzo aunque en otro aspecto en las actas de Cabildo de la Ciudad de México.
24. ARCHIVO GENERAL DE LA NACION, Sec. General de Parte. Volúmen II, Folio 252.
25. ARCHIVO GENERAL DE LA NACION, Sec. de lo Civil. Volúmen 76. El Expediente se titula "Miguel de Vidaña y Lucas Pérez, desagüadores de minas con artificiode Bombas Cerradas sobre pretensión de primeros Inventores".
26. ARCHIVO GENERAL DE LA NACION, Expediente I. del Ramo de Minería. Volúmen 201.
27. ALZATE, JOSE ANTONIO Gacetas de la Literatura de México. Volúmen IV. Pags. 22-27. Puebla. 1831.
28. CHAVEZ OROZCO, LUIS Tecnología Hidráulica en Nueva España. - Manuscrito inédito facilitado por el autor.
29. CHAVEZ OROZCO, LUIS Tecnología Hidráulica en Nueva España. - Manuscrito inédito facilitado por el autor.
30. ARCHIVO GENERAL DE LA NACION, Sec. de Historia. Volúmen 558.
31. La polémica Alzate-Velázquez de León, se publicó primero en la Gaceta de México y se reprodujo casi íntegra en el Volúmen IV de las Gacetas de Literatura de México.
32. Archivo General de la Nación; Sec. de Historia. Volúmen 558. Informe dado por Joaquín Velázquez de León para perfeccionar la Minería de la Nueva España. Febrero 9 de 1761.

33. Las obras más importantes de Díaz de Gamaza son: Elementa, Recensiones Philosophiae, México 1774 y Enores del Entendimiento Humano, publicada en Puebla.
34. DICCIONARIO PORRUA. Biografía de Fausto Elhuyar. Pag. 499. EDITADO EN 1964.
35. DICCIONARIO PORRUA. Andrés del Río, Biografía. 1209. EDITADO EN 1964.
36. HUMBOLDT, ALEJANDRO DE Ensayo Político sobre el Reino de Nueva España. Volúmen III. Pag. 131.
37. HUMBOLDT, ALEJANDRO DE Ensayo Político sobre el Reino de Nueva España. Volúmen III. Pag. 131.
38. CHAVEZ OROZCO, LUIS Introducción a la Máquina de Vapor en México. Documentos para la Historia Económica de México. Volúmen IX.
39. ZARAUZ, JOAQUIN Vindicación y Respuesta al Suplemento del Diario de México del Viernes 8 de Noviembre de 1805.
40. ELHUYAR, FAUSTO Contestación a la Vindicación y Respuesta que el Capitán Don Joaquín de Zarauz dió, Suplemento del Diario de México.
41. CHAVEZ OROZCO, LUIS Tecnología Hidráulica en Nueva España. Manuscrito inédito facilitado por el autor.
42. CHAVEZ OROZCO, LUIS Introducción de la Máquina de Vapor en México. Documentos para la Historia Económica de México. Volúmen IX.
43. Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Expediente 5, "Testimonio del expediente instruido en el Tribunal General por el señor Director de ella promoviendo providencias para surtir combustible para las máquinas de vapor".
44. Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Expediente 7. "Testimonio del Plan formado por la Junta de Mineros, celebrado para tratar el establecimiento de una compañía a fin de introducir en el Reino las máquinas de vapor".
45. Archivo General de la Nación: Bando sobre las Máquinas de Vapor. 11 de Mayo de 1819. Minas. Vol. 30.
46. CHAVEZ OROZCO, LUIS Introducción de la Máquina de Vapor en México. Documentos para la Historia Económica de México. Vol. IX. México.
47. Archivo General de la Nación. Testimonio del plan formado por la Junta de Mineros para tratar el establecimiento de una compañía a fin de introducir en el Reino las máquinas de vapor. Minas. Vol. 28, Exp. 7.

48. Archivo General de la Nación. Decreto para citar a Thomas Murphy. Minas. Volúmen 28, Expediente 5.
49. CHAVEZ OROZCO, LUIS La Introducción de la Máquina de Vapor en México. Documentos para la historia económica de México. Vol. IX, México.
50. BARGALLO, MODESTO La Minería y la Metalurgia en la América Española durante la Época Colonial. Fondo de Cultura Económica, México 1955. - Pag. 343.
51. ALAMAN, LUCAS Obras Completas. Tomo 9. México. Editorial Jus 1945, Pag. 93.

BIBLIOGRAFIA.

- ALAMAN, LUCAS Documentos Diversos (Inéditos y muy raros) México, Editorial Jus 1945 (Colec. de Grandes Autores Mexicanos, compilación de Rafael Aguayo Spencer) 4 vols.
- ALAMAN, LUCAS Historia de México. Editorial Jus 1942 (Colección de Grandes Autores Mexicanos bajo la dirección de Don Carlos Peneryn) 5 vols.
- ALTAMIRA Y CREVEA, RAFAEL. - Historia de España y de la Civilización Española. Barcelona, Herederos de Juan Gill 1900-30. 5 vol.
- ALDACO, MANUEL Sobre la situación de la Minería Novo Hispana. 1743
- ALTAMIRA Y CREVEA, RAFAEL. - Los elementos de la Civilización y del carácter españoles. Buenos Aires. Ed. Lozada 1056
- ALTAMIRA Y CREVEA, RAFAEL. - España en América. Valencia F. Gempere y Cía. 1908.
- ALZATE, JOSE ANTONIO. Gacetas de Literatura de México. Tomo IV. Puebla, 1831.
- ASHTON, T.S. La Revolución Industrial. Fondo de Cultura Económica. 1950.
- BARGALLO, MODESTO. La Minería y la Metalúrgica en la América Española la durante la época colonial. - Fondo de Cultura Económica de México. México. 1955.
- BENITEZ, JOSE R. Historia Gráfica de la Nueva España. - Recopilada y redactada por iniciativa de la Cámara Oficial Española de Comercio en los Estados Unidos Mexicanos y editada por la misma. México MCMXXIX, 305 p.
- BRAVO UGARTE, JOSE Historia de México. La Nueva España. - Ed. Jus. México 1941.
- CAMERA FUJAL, JAIME Historia de la Economía Española. - Bosch. Casa Editorial. Barcelona 1944, Tomo II.
- CASARIEGO, J.E El Marqués de Sargadelos o Los Comienzos del Industrialismo Moderno en España. Oviedo. Imp. y Enc. Gráficas Suma 1950. 260 p.
- CASTILLO LEDON, LUIS. La Conquista y la Colonización Española en México. Su Verdadero Caudex. México. - Imprenta del Museo Nacional; 1952. 82 p.

- CAVO, ANDRES Los Tres Siglos en México Durante el Gobierno Español.
- CUE CANAVOS, AGUSTIN Historia Social y Económica de México. La Revolución de Independencia y México Independiente - Hasta 1854, Prólogo de Vito A. Robles. - México, Ed. América 1947. 271 p.
- CHAVEZ OROZCO, LUIS Historia de México (Epoca Colonial). Tomo II México, D.F., Editorial Patria, S.A. 1943. 294 p.
- CHAVEZ OROZCO, LUIS Revolución Industrial, Revolución Política. México Q.A.P.P. 1937. Apéndice de Manuel Germán Parra (Miscelánea B.C.I.N.A.H.)
- CHAVEZ OROZCO, LUIS Conflicto de Trabajo con los Mineros de Real del Monte, año 1776. México. Talleres Gráficos de la Nación, 1960.
- CH. O., LUIS La Técnica Hidráulica Novo-Hispana, 1575-1804, Manuscrito inédito.
- DIAZ DEL CASTILLO, BERNAL. - Historia de la Conquista de la Nueva España. Publicaciones Herrerías, S.A. México, 1938.
- HUMBOLDT, ALEJANDRO DE. - Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España. Ed. Castellana, crítica con introducción bibliográfica, notas y arreglo por Vito Alessio Robles. México, D.F., Ed. Pedro Robledo 1941. 5 v.
- KIAULEHN, WALTER Los Angeles de Hierro (Origen, Evolución y Poder de las Máquinas), Editorial Labor, Barcelona, Madrid.
- LANGER, SILLIAM L. ED. An Encyclopedia of World History. Boston:- Houghton Mifflin Co. 1962.
- LEON, NICOLAS Gaceta Bibliográfica Mexicana del Siglo XVIII. - Sección primera. Segunda parte. México 1903.
- LOPEZ ROSADO, DIEGO G. Curso de Historia Económica de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 1963. 2a. Ed 380 p.
- LOPEZ ROSADO, DIEGO G. Ensayos sobre Historia Económica de México. - Imprenta Universitaria 1957.
- MANTOUX, PAUL La Revolución Industrial en el Siglo XVIII. Edit. Aguilar. Madrid, 1959-1962.
- MARMOLEJO, LUCIO Efemérides Guanajuatenses. Historia de la Ciudad de Guanajuato. Tomo I, Guanajuato, 1907.

- MENENDEZ PIDAL, RAMON España y su Historia. Madrid. - Edit. Minotauró: 1957, 2 tomos.
- MEXICO. SECRETARIA DE LA ECONOMIA NACIONAL. - La Introducción de la Máquina de Vapor en México. Mexico 1935. Documentos para la Historia Económica de México. - Vol. IX, 40 pag.
- MEXICO, SECRETARIA DE LA ECONOMIA NACIONAL. - Los Salarios y el Trabajo Durante el Siglo XVIII. (Legislación y nóminas de salarios). Documentos para la Historia Económica de México. Vol. III, 164 p.
- MEXICO. SECRETARIA DE LA ECONOMIA NACIONAL. - Situación del Minero Asalariado en la Nueva España a fines del Siglo XVIII, México 1935. Documentos para la Historia Económica de México. Vol. VIII, 89 pag.
- MEXICO. SECRETARIA DE LA ECONOMIA NACIONAL. - Representación de Juan Lucas de Lazaga y Joaquín Velázquez de León al Rey de España en 1774. Docs. para la Historia Económica de México, Vol. XII.
- MOTTEN G., CLEMENT Mexican Silver and the Enlightenment. University of Pennsylvania. 1950.
- MOSK, SANDFORD A. La Revolución Industrial de México. Trad. de Clementia y Fernando Zamora. Revista Problemas Agrícolas e Industriales de México No. 2, Vol. III, México, 1951.
- MOUSNIER ROLAND y LABROUSE ERNEST Historia General de las Civilizaciones Siglo XVIII. Ed. Destino. Barcelona. Vol. V.
- PARRA MANUEL GERMAN La Industrialización en México. - México, D. F. - Imprenta Universitaria 1954, 203 p.
- PEREYRA, CARLOS Historia de la América Española, Editorial Saturnino, Calleja. Madrid 1920.
- PEREYRA, CARLOS La Obra de España en América. Biblioteca Nueva. Madrid.
- RIVA PALACIO, VICENTE México a Través de los Siglos. México, Barcelona. Ballezá y Cía. 5.Vol.
- RUSSELL, BERTRAND A History of Western Philosophy. New York. Simón Shustir. 1959.
- SAHAGUN, FR. BERNARDINO. - Historia General de las Cosas de la Nueva España, México. Imprenta de Irineo Paz, 1890.

- SEHLARMAN, JOSEPH H. LC. - México Tierra de Volcanes. 4a. Ed. Editorial Porrúa S.A. Mexico 1955. 722 p.
- SCHUHL PERRE MAXIME Maquinismo y Filosofía. - Editorial América. México, 1941.
- SILVA HERZOG, JESUS El Pensamiento Económico de México. 1a. Edic. Tierra Firme F.C.E., 1947, 199 p.
- SPENGLER, OSWALD El Hombre y la Técnica y otros Ensayos. - Colección Austral Espasa Calpe. Argentina, 1947.
- TAYLOR, JOHN Esq. Selections from the Works of Baron de Humboldt; - Relating to the Climate, Inhabitants, Production and Mines of Mexico, with Notes by John Taylor esq. Treasurer to the Geological Society etc. London. Printed for Longmen, Hurst, Kees, Orme, Brown & Green. Paternoster Road, 1824.
- VICENS VIVES J. Historia Social y Económica de España y América. Tomos III y IV. Barcelona. Edit. Teide 1957-1958
- WARD H.G. E.S.Q. Mexico in 1827. London Henry Golborn, New Burlington Street, 1828.

DOCUMENTOS DEL ARCHIVO GENERAL DE LA NACION

Archivo General de la Nación. Volúmen 1290 Sec. de lo Civil y Volumen 1, Sección Primera.

Archivo General de la Nación. Sección General de Parte Volúmen II, Folio 252.

Archivo General de la Nación. Sección de lo Civil, Volúmen 76. El expediente - se titula Miguel de Vidaña y Lucas Pérez, desagüadores de minas con artificio - de Bombas Cerradas sobre pretensión de primeros inventores.

Archivo General de la Nación: Expediente 1 del Ramo de Minería 201.

Archivo General de la Nación: Sección de Historia. Volúmen 558.

Archivo General de la Nación: Sección de Historia. Volúmen 558. Informe dado por Joaquín Velázquez de León para perfeccionar la Minería de la Nueva España.- Febrero 9 de 1771.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Expediente 5. "Testimonio del expediente instruido en el Tribunal General por el señor Director de ella, promoviendo providencias para sustrir de combustible para las máquinas de vapor".

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. 1806. "Parecer de la Diputación de San Luis Potosí sobre las bombas de vapor".

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. 1806. "Parecer de la Diputación de Guadalajara sobre las bombas"

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 30. Decreto. Real Tribunal General del Importante Cuerpo de Minería de la Nueva España, México. 7 de abril de 1820.

Archivo General de la Nación: 11 de mayo de 1819. Bando sobre las Máquinas de Vapor.

Archivo General de la Nación: Testimonio del Plan formado por la Junta de Mineros para tratar del establecimiento de una compañía a fin de introducir en el Reino las máquinas de vapor. Minas. Volúmen 28. Expediente 7.

Archivo General de la Nación: Decreto para citar a Thomas Murphy. Minas. Volúmen 28. Expediente 5.

Archivo General de la Nación: Parecer de Elhuyar del 14 de marzo de 1804 sobre las bombas de vapor. Minas. Volúmen 28.

Archivo General de la Nación: Don Juan Pedro de Bartiba, vecino de Cádiz sobre una máquina que ha inventado para moler metales y desaguar minas. Minas. Volúmen 18.

Archivo General de la Nación: Diligencias de inspección en el arte o máquina de minas dirigido a discreción de Don Manuel de Lebrija y Pruna a cuyas expensas se ha construido. 1770. Minería. Volúmen 105.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 18. Que instruyen el lastimoso estado en que se halla este mineral por haber pasado el giro de muchas de las haciendas de beneficiar metales y el desagüe de algunas minas de que recibe gravísimo quebranto la Real Hacienda.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Informe de Elhuyar y del Río sobre la bomba de vapor. Octubre 18 de 1805.

Archivo General de la Nación: Volúmen 76. Expediente 14. Miguel de Vidaña y Lucas Pérez, desagüadores de las minas de Fachuca piden privilegio exclusivo por 15 años por su invento de hacer bombas cerradas para desaguar las minas.

• Archivo General de la Nación: Volúmen 60. Minas. Sobre formación del Tribunal de Minería de este Reino.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Expediente 4. Real Orden sobre que se informe al señor útiles en este Reino las bombas de fuego adaptadas en las minas de Almadén.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. Dictámen de 18 de Octubre de 1805 de Elhuyar y del Río.

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 28. 1819.

Testimonio de las actas de la Junta de Mineros formada para tratar el establecimiento de las máquinas de vapor en el Reino,

Archivo General de la Nación: Minas. Volúmen 30. 1819. Conteniendo contestaciones y avisando el recibo del Bando sobre Bombas de Vapor promulgado en 11 de Mayo de 1819.

Archivo General de la Nación: Minas: Volúmen 30. Real Orden que previene el establecimiento de bombas de vapor, que se auxilie a los labradores pacíficos y prescribe lo que debe ejecutar con las causas formadas por infidencia contra los administradores y dueños de Minas.

Archivo General de la Nación: Reales Cédulas. Volumen 11, exp. 101. ps. 1. - Minas. Para que se oiga a Don Francisco de Orodeas sobre una máquina hidráulica para el desagüe de las minas. 1o de agosto de 1670.

Suplemento al Diario de México de 8 de Noviembre de 1805, Vol. I. Pag. 157. - Discurso leído en el acto público de Física del Real Seminario de Minería la tarde del 17 de Octubre por Don Juan José Oteiza, sobre la bomba hidráulica.

Suplemento del Diario de México, de Viernes 8 de Noviembre de 1805, por Don Fausto Elhuyar, México, 1807.

Contestación a la vindicación y respuesta que dió el Capitán de Navío Don Joaquín de Zarauz.