

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

HISTORIA DE LA TECNOLOGIA DENTRO DE LAS  
AREAS MECANICA, ELECTRICA E INDUSTRIAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

VICTOR SUZAN REED

DIRECTOR DE TESIS: ING. SILVINA HERNANDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F. JULIO 93.



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 está 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.

# INDICE

	Pág.
<b>EL POR QUE DE ESTA TESIS</b> .....	<b>v</b>
<b>CAPITULO I: DE LOS ORIGENES A LA EDAD MEDIA (HASTA EL AÑO 476 d.C.)</b> .....	<b>1</b>
<b>1. EL PRIMER PASO EN LA TECNOLOGIA:</b> .....	<b>1</b>
La producción de alimentos .....	1
La domesticación de los animales .....	1
El surgimiento de la agricultura .....	2
La preparación de los alimentos .....	4
La pesca .....	5
<b>2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO</b> ...	<b>6</b>
La alfarería .....	6
Los primeros textiles .....	7
La tecnología para el trabajo de la madera .....	8
La tecnología para el trabajo del cuero .....	9
La tecnología para el trabajo del vidrio .....	9
<b>3. LA TECNOLOGIA PARA LA EXTRACCION Y LABRADO DE LOS METALES</b> .....	<b>11</b>
La Edad del Bronce (3500 a.C. - 1400 a.C.) .....	11
La Edad del Hierro (1400 a.C - 1 a.C.) .....	12
<b>4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE</b> .....	<b>14</b>
Los inicios: la rueda y el caballo .....	14
Los inicios del transporte marítimo .....	14
<b>5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO</b> .....	<b>16</b>
La balanza .....	16
El reloj .....	16
El papel .....	17
La imprenta .....	17
<b>6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA</b> .....	<b>19</b>
Energía humana y animal .....	19
La rueda hidráulica .....	20
El molino de viento .....	21

<b>CAPITULO II: DE LA EDAD MEDIA A LA EDAD MODERNA</b>	
<b>(476 d.C - 1750 d.C.)</b> .....	<b>23</b>
<b>1. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE ALIMENTOS</b> .....	<b>23</b>
La agricultura .....	23
La preparación de los alimentos .....	23
La pesca .....	24
<b>2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO</b> ..	<b>25</b>
La alfarería .....	25
Los textiles .....	25
La tecnología para el trabajo de la madera .....	27
La tecnología para el trabajo del cuero .....	27
La tecnología para el trabajo del vidrio .....	27
<b>3. LA TECNOLOGIA PARA EL LABRADO DE LOS METALES</b> .....	<b>29</b>
<b>4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE</b> .....	<b>32</b>
El transporte terrestre .....	32
El transporte marítimo .....	32
<b>5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO</b> .....	<b>34</b>
El reloj .....	34
La imprenta .....	34
<b>6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA</b> .....	<b>36</b>

<b>CAPITULO III: LA REVOLUCION INDUSTRIAL Y EL SIGLO XIX.</b>	
<b>(DE 1750 D.C. A 1900 D.C.)</b> .....	<b>37</b>
<b>1. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE ALIMENTOS</b> .....	<b>37</b>
La agricultura .....	37
La pesca .....	38
La preparación de los alimentos .....	39
<b>2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO</b> ..	<b>41</b>
Los textiles .....	41
La alfarería .....	44
La tecnología para el trabajo del vidrio .....	46
<b>3. LA TECNOLOGIA PARA LA EXTRACCION Y LABRADO DE LOS METALES</b> .....	<b>49</b>
El hierro .....	49
El acero .....	50
Los metales no ferrosos .....	52
El nacimiento de la maquina herramienta .....	56

<b>4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE</b> .....	61
El transporte terrestre .....	61
El surgimiento del ferrocarril .....	61
El locomóvil de vapor .....	63
La bicicleta .....	64
La motocicleta .....	66
El transporte marítimo .....	67
Iniciación de la conquista del aire .....	69
<b>5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO</b> .....	72
La imprenta .....	72
La máquina de escribir .....	75
El fonógrafo .....	76
<b>6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA</b> .....	79
La máquina de vapor .....	79
Los iniciadores .....	80
Los continuadores .....	82
La máquina de vapor aplicada al transporte .....	85
La turbina de vapor .....	88
El motor de combustión interna .....	89
Los motores de gas .....	90
Los motores de aceite pesado .....	91
Los motores de gasolina .....	92
El descubrimiento de la energía eléctrica .....	94
La producción de electricidad .....	95
La distribución de la energía eléctrica .....	97
Aplicaciones de la energía eléctrica .....	99
La telegrafía .....	99
La telefonía .....	101
El alumbrado eléctrico .....	102
El motor eléctrico .....	105
<b>EPILOGO: ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL FENOMENO DE LA TECNOLOGIA</b> .....	107
¿POR QUE SURGE LA TECNOLOGIA? .....	107
NECESIDADES HUMANAS .....	108
LA TECNOLOGIA COMO ELECCION CULTURAL .....	108
LA EVOLUCION TECNOLOGICA .....	110
LAS FUENTES DE LA INVENCION .....	111

<b>TECNOLOGIA Y CIENCIA</b> .....	<b>113</b>
<b>LA DIFUSION DE LA TECNOLOGIA</b> .....	<b>114</b>
Los viajes .....	<b>115</b>
El imperialismo .....	<b>115</b>
La migración .....	<b>115</b>
El espionaje tecnológico .....	<b>116</b>
<b>¿PROGRESO TECNOLÓGICO = PROGRESO HUMANO?</b> .....	<b>116</b>
<b>A MODO DE CONCLUSIÓN</b> .....	<b>118</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>119</b>
<b>APENDICE</b>	

## EL POR QUE DE ESTA TESIS:

La historia de la tecnología es, sin duda alguna, la historia de la ingeniería, y como tal, así como por su naturaleza colmada de detalles técnicos, debe ser abordada primordialmente por el ingeniero antes que el historiador, siendo ésta, una de las razones por las cuales su difusión ha sido y es, de reducido alcance. Corresponde pues al ingeniero, la difusión y conocimiento plenos de un glorioso pasado que conforma la historia y la evolución de la tecnología, enriqueciendo así, su panorama técnico-histórico de la que es una de las ramas más fascinantes del quehacer humano: la tecnología.

Esta tesis no pretende ser una serie de datos interminables, sino un planteamiento con ánimo plenamente ilustrativo y práctico, planteando una historia de la tecnología concisa y concreta, de los que han sido los hallazgos y logros más significativos para el nacimiento y evolución de la tecnología, conciliando siempre el aspecto técnico y humanista.

Los límites de esta tesis obligan a realizar un análisis de la tecnología surgida hasta el año 1900, pues un análisis de la tecnología del siglo XX es material suficiente para otra tesis. Espero que este trabajo establezca un precedente para que en un futuro, alguien con la inquietud necesaria continúe con este análisis. La estructura empleada fue la siguiente:

### HISTORIA DE LA TECNOLOGIA

- I. Desde sus orígenes hasta la Edad Media (hasta el año 476 d.C.)
- II. De la Edad Media a la Edad Moderna (476 d.C. - 1750 d.C.)
- III. La Revolución Industrial y el Siglo XIX (1750 d.C. - 1900 d.C.)

# CAPITULO I: DE LOS ORIGENES A LA EDAD MEDIA (HASTA EL AÑO 476 d.C.)

Es un hecho que el surgimiento de tecnología, ha estado siempre directamente relacionado con las necesidades que prevalecen en el hombre en un momento determinado. De esta manera, el hombre siempre ha desarrollado la tecnología como un instrumento para satisfacer sus necesidades, determinando así, que su nivel de desarrollo, se encuentre siempre referido a su nivel de necesidades.

## 1. EL PRIMER PASO EN LA TECNOLOGIA: LA PRODUCCION DE ALIMENTOS

### LA DOMESTICACION DE LOS ANIMALES

El paso de la recolección de alimentos a la producción de éstos, tuvo lugar en el Neolítico (6000- 3500 a.C) y constituye el primer paso para el surgimiento de la Tecnología, siendo además, consecuencia de un avance fundamental: la aparición de excedentes en los bienes del hombre. El cazador no poseía un excedente; fue el pastor de rebaños y el labrador de la tierra quienes por vez primera acumularon un excedente, siendo éste, la base de toda civilización.

Aunque la interacción de cosechas y rebaños data del período Neolítico (6000- 3500 a.C), se considera anterior la domesticación de los animales porque ésta ocurrió poco antes que la agricultura. Si pensamos que los animales domésticos no son sólo fuente de alimentación sino también de material útil, medios de transporte, fuentes de energía y protección, podremos entender su importancia para el hombre. La domesticación de algunos animales por el hombre, fue el resultado de la coexistencia; en el habitat del hombre ancestral, existían ciertos animales que no solían atacarle ni ser atacados por él. En ciertos casos, como el perro y el cerdo, los animales vieron en el hombre a una fuente de supervivencia: podían alimentarse con los despojos y las sobras de osamentas, cáscaras y pieles de frutas, así como de todo aquello que se perdía o desechaba cuando el hombre se trasladaba. A la inversa, el hombre también pudo conocer la utilidad de los animales a través de su cooperación involuntaria: los perros salvajes acosaban a la presa hasta ponerla al alcance del cazador, así como la presencia de una cierva en los campamentos atraía a los ciervos.

Fue la aparición de la agricultura también en el Neolítico (6000- 3500 a.C), la que proporcionó los primeros alicientes para experimentar con la domesticación de otros animales. La residencia fija del hombre sedentario, facilitó la protección de sus ganados y la multiplicación de éstos. Además de leche y carne, las ovejas, cabras y bueyes, proporcionaban al hombre materiales para cubrirse y abrigarse. Todos estos animales pertenecen a una remota antigüedad. No pasó mucho tiempo desde que el hombre utilizó al perro como ayuda en sus cacerías, hasta que utilizó a animales más grandes para evitar que los hombros humanos siguieran soportando cargas; del



transporte de cargas surgió también el transporte del hombre como jinete. Los restos hallados en grutas confirman el orden en que ocurrió la domesticación. Los animales que se pueden alimentar de despojos como el perro y el chacal, fueron los primeros en ser domesticados. Luego vino el grupo de animales que en estado natural realizan migraciones periódicas, pudiendo por ello entrar en contacto con el hombre cuando aún era nómada; este grupo incluye al reno, la cabra y la oveja. Posteriormente, al hacerse el hombre sedentario, aparece la domesticación del ganado vacuno, pues éste requiere de la agricultura para subsistir. Fue también el período en el cual el hombre empezó a utilizar a la abeja, que hasta nuestros días suministra el mejor edulcorante natural, siendo inducida por primera vez a fijar su residencia cerca del hombre, mediante colmenas hechas con paja procedente de la siega. El último grupo lo constituyen los animales que fueron empleados por el hombre como medios de transporte y que incluyen al asno, al caballo y al camello; estos dos, parecen haber sido los últimos en haber entrado al servicio del hombre, siendo su utilización prácticamente imposible de fechar antes del año 2000 a.C. Sin embargo, este instrumento tecnológico ha visto un desarrollo exiguuo debido a la dificultad de encontrar nuevos usos importantes para los animales domésticos, a excepción hecha de su importancia para la ciencia moderna con fines experimentales.

## EL SURGIMIENTO DE LA AGRICULTURA

El cultivo de plantas, como la domesticación de animales, tuvo sin duda comienzos accidentales en las regiones donde acampaba el hombre ancestral. Las semillas y raíces de los vegetales recolectados y transportados por el hombre hasta sus viviendas, fueron quizá observadas mientras germinaban y retoñaban en condiciones favorables. Sin embargo, el cultivo sistemático del suelo surgió del conocimiento de la naturaleza y de sus estaciones, así como de la elección de suelos adecuados. La aparición de la agricultura garantizó al hombre, excepto en las épocas difíciles, un excedente alimenticio mucho mayor que el que tenía como simple recolector o domesticador de animales.

La tecnología de la agricultura, en su forma más simple, implica la limpieza de terrenos no demasiado áridos, la siembra y protección de semillas, la destrucción de maleza que surja en el terreno y la aplicación de agua durante el crecimiento de la planta. Tras la recolección, el almacenamiento de la cosecha en lugares adecuados y la separación de semillas para la próxima temporada.

La agricultura avanzó durante mucho tiempo a base de ensayos y errores. Una vez empleados diferentes tipos y métodos de cultivo, comenzaron a predominar un pequeño número de ellos. Las primeras cosechas regulares permitieron la aparición de excedentes. El excedente a su vez, permitió el surgimiento del especialista (agricultor), y la existencia de éste, provocó el surgimiento de utensilios agrícolas. La hoz o cuchilla para segar se hizo en Mesopotamia de barro cocido; en Europa, su forma más primitiva tenía el mango de palo con muescas que sujetaban hojas de sílex superpuestas (piedra compacta y opaca, de color gris o negro).

El curso del desarrollo de la herramienta agrícola puede ser conocido de manera más clara en el antiguo Egipto, donde se trabajaba la tierra de modo tosco, mediante una rama de árbol afilada; posteriormente apareció la azada (instrumento que consiste en una pala que forma ángulo con su mango) que dio origen a la azada doble (por manejarla dos hombres) y que posteriormente se convertiría en el arado: uno de los hombres tiraba de una correa hacia adelante, mientras el

otro, atrás de él, presionaba la punta de la azada contra la tierra formando el surco. Cuanto más profundo era el surco, menor era el agotamiento del suelo. Cuando se comenzó a emplear al buey como fuerza de tiro, se introdujo un mango para guiar la punta que entraba en la tierra. A partir del año 2000 a.C., se empezó a usar una reja de arado más poderosa, hecha con madera o piedra, así como un yugo doble (pieza de acople entre el animal y el arado) que pasaba por entre los cuernos; todo esto proporcionó una herramienta mucho más poderosa para trabajar la tierra.

Las semillas se sembraban esparciéndolas por la parte delantera del arado para que éste las cubriera, o bien, se conducía a las cabras u ovejas a través del surco para que pisaran las semillas y las introdujeran en él. En lo que respecta a los instrumentos de siega, la vara de madera, de forma recta, se convirtió con el tiempo en una hoz de cobre o de bronce más curva y cortante. Si los costos del trabajo lo permitían, la tierra era cavada y arada hasta tres veces, casi siempre en ángulo recto y algunas veces de manera oblicua. Se ha calculado que este método de preparar la tierra, duplica la cantidad de humedad retenida en los meses secos del año.

Los griegos y los romanos, usaban un arado ligero consistente en un engero (palo largo del arado que se ata al yugo) al que estaban atados los animales de tiro; un timón curvo que unía el engero a la reja (parte del arado que abre y revuelve la tierra), colocado horizontalmente al suelo y una esteva (pieza curva de la parte trasera del arado, sobre la cual se apoya la mano del que ara) fijada al final del arado para guiarlo con una sola mano. La parte sujeta al mayor desgaste era la reja, debido a la fricción al dividir la tierra y al pasar a lo largo del surco; estaba hecha generalmente de roble y se protegía la punta cortante con una piedra o cuña dura. Se cree que los egipcios usaron sílex (piedra compacta y opaca, de color gris o negro) para este fin, no existe evidencia de que hayan usado cobre o bronce, ya que las primeras rejas de hierro se encontraron en Palestina y datan de finales del segundo milenio a.C. (1400-1100 a.C.).

Es sorprendente que no se hayan encontrado rejas de hierro de procedencia griega, pues fueron usadas ampliamente por los romanos. La expansión del Imperio Romano coincidió con el punto culminante de la Tecnología Agrícola, cuando se emplearon por vez primera, métodos avanzados y herramientas superiores en algunas de las grandes haciendas trabajadas por esclavos y que fueron difundidas más tarde por los terratenientes. Los arados romanos estaban dotados de un sistema para apartar los sobrantes de tierra y que empujaba hacia los lados los terrones levantados; contaban también con una cuchilla de hierro colocada en una ranura del timón del arado, que hacía un corte vertical a diferencia del corte horizontal de la reja. Un discutido pasaje de Plinio (alrededor 23 d.C - 79 d.C. Político, historiador y escritor científico romano; se conserva su monumental *Naturalis Historia - 37 libros* - colosal enciclopedia que abarca geografía, fisiología, zoología, botánica, medicina, etc; ¡vaya humanista universal!) afirma que habían sido introducidas un par de ruedas para sostener el timón en la región al sur del alto Danubio y también en la Galia Cisalpina (hoy Piemonte, Lombardía y Emilia, todas ellas parte de Italia). Sin embargo, el uso del arado con ruedas parece haberse limitado, inclusive hasta mil años después, a los terrenos arcillosos ganados al bosque, sin suplantarlo por completo al arado de reja reversible, pues como observaría Fitzherbert en 1523: "los arados que se mueven con ruedas tienen un alto costo".

Otra innovación importante en Europa a partir del año 1000 d.C. y en adelante, fue un método que al parecer ya usaban los chinos 2000 años antes, solo que perfeccionado: la adición de una vertedera curvada de madera, para voltear los terrones que se iban levantando, pues generalmente eran demasiado pesados para ser volteados por el labrador. El tiro de cuatro

bueyes, conducido por dos hombres, - uno que dirigía el arado y otro que, andando de espaldas y de cara a los animales, los conducía con una larga aijada (vara larga con punta de hierro para picar a los bueyes), es el arado con el que se conquistaron paulatinamente los terrenos arcillosos de Europa.

## LA PREPARACION DE LOS ALIMENTOS

La historia de la tecnología no sólo se interesa por la producción de alimentos, sino por su ulterior proceso de preparación, al cual la humanidad ha consagrado cada vez más ingenio y habilidad.

La trituration del grano con el fin de quitarle la cáscara y la molienda del grano limpio para fabricar harina, fueron procesos que originalmente se llevaron a cabo separadamente por cada núcleo humano. El almirez (mortero para machacar) fue sustituido por la muela de mano (cilindro de piedra) usada por las mujeres egipcias desde el año 2000 a.C. La segunda etapa de evolución de la muela, que tuvo lugar en la Grecia Clásica, corresponde al molino a brazo, en el que ambas piedras eran planas y estriadas (con surcos en bajorrelieve) y que operaban una encima de la otra para friccionarse entre si. El grano se introducía por una abertura de acceso en la piedra superior, hacia el área de contacto entre las dos piedras. Más tarde apareció el molino manual giratorio, una de las primeras y más importantes aplicaciones del principio de rotación; por medio de un mango, se hacía girar la piedra de arriba mediante un puente de madera o de hierro fijado a través de la abertura de alimentación para el grano, trasladando el peso de la piedra superior a un eje situado en el centro de la piedra inferior. El ejército romano produjo su difusión, pues cada grupo de diez hombres contaba con un molino giratorio, estando acostumbrados a moler su propio grano. No hay que olvidar que los granos formaron parte esencialísima en la alimentación del hombre durante miles de años.

En cuanto a las fuentes de aceite, el olivo se constituyó como el primer proveedor. Existían dos procesos primordiales para la obtención del aceite. El primero consistía en separar la pulpa del hueso sin romper éste último, para lo cual los romanos utilizaron un molino similar al molino giratorio para granos; éste consistía en dos piedras cilíndricas que giraban sobre un eje común y a una distancia de contacto entre si variable; el molino separaba la pulpa del hueso y la depositaba en un recipiente localizado por debajo del molino. El segundo proceso consistía en exprimir al olivo retorciéndolo en un saco poroso que permitía el paso del jugo. En el último milenio a.C.(1000 a.C - 1 a.C.) se empezó a utilizar el principio de la palanca, atando cargas de toda clase al extremo libre de un alfargo (viga de molino para exprimir olivo) que giraba hasta que se extraía el jugo de la pulpa, que se hallaba en un saco por debajo del alfargo. Plinio (véase la página 3) conoció cuatro tipos de prensas accionadas por alfargos de hasta 15 metros de longitud o accionadas por tornillos. El principio del tornillo, que se relaciona con Arquímedes (287? a.C.- 212 a.C. El más ilustre matemático y físico de la antigüedad, entre muchas otras cosas, inventó el tornillo sin fin), se aplicó primero para hacer que bajara el alfargo y poco después para presionar directamente sobre la parte superior de la prensa.

La prensa se utilizó también para la vid, aunque el proceso inicial de la vitivinicultura era mucho más complejo que el del cultivo del olivo; era ésta un arte que llegó a Grecia desde el Oriente Próximo, sin embargo, fueron los griegos los que la llevaron a su máxima perfección. No obstante, en cuanto a cantidad, Italia estaba a la cabeza, con una producción de entre 18 000 y

19 000 litros por hectárea, convirtiéndose durante algún tiempo en el principal centro de esta eterna industria, seguida por España. El mayor avance en esta área lo constituyó el barril de madera con flejes de metal, de origen celta (cultura indoeuropea que habitó desde la Galia - hoy Francia - hasta Galacia - hoy Asia Menor - pasando por las hoy España, Italia y las Islas Británicas, alcanzando su máximo esplendor en el año 400 a.C). Este barril llegó al Imperio Romano a comienzos de la era cristiana y conservaba mucho mejor el vino que las ánforas cerradas con arcilla. En correspondencia, los romanos introdujeron el cultivo de la vid en la Galia - hoy Francia -, Renania - hoy el sur de la Alemania unificada, e incluso el sur de Britania - hoy Gran Bretaña.

## LA PESCA

La pesca es la técnica más importante de las destinadas a la acumulación de alimentos que aún sobrevive desde los tiempos más remotos, sin tener cambios sustanciales en sus principios. La captura directa, esto es, con la mano y con la ayuda de arpones, fue sin duda la que primero se intentó. Más tarde se utilizaron trampas fijas y se probaron diversos tipos de cebo; posteriormente, el hilo con cebo mejoró cuando se le añadió un anzuelo de espina o de hueso y finalmente se utilizó la trampa móvil o red, apropiada para aguas profundas y capaz de atrapar gran cantidad de peces. Se cree que la red estaba ya en uso durante el Mesolítico (4750 a.C). De hecho, las primeras incursiones del hombre como constructor de balsas fueron motivadas por la búsqueda de pesca.

No obstante, la utilidad del pescado como alimento tiene la limitación de descomponerse rápidamente; así, en los primeros tiempos, el pescado debió ser consumido después de capturarse. El secado, la salazón y el ahumado se practicaron en la Edad de Bronce (3500 a.C. - 1400 a.C.) y cuando inició la civilización, el pescado se convirtió en un importante artículo de consumo y de comercio.

## 2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO

### LA ALFARERIA

La alfarería tiene un lugar muy destacado dentro de la manufactura y las artes domésticas, siendo una de las ha cambiado relativamente menos en cuanto a sus productos a través de los siglos.

Un gran invento, la rueda de alfarero, apareció hacia el año 3000 a.C.; sin embargo, no se produjo ningún progreso técnico ulterior de carácter revolucionario sino hasta el siglo XIX d.C. (1800 d.C. - 1899 d.C).

El alfarero ha tenido tres tareas principales que cumplir a través del tiempo: seleccionar, mezclar y humedecer la arcilla; darle forma al recipiente que fabrica y llevar a cabo los procesos de secado y cocción de la pieza, para lograr un producto sólido y duradero.

Se sabe muy poco acerca de los primeros métodos de selección, lavado y amasado con agua. Fue el segundo proceso, el modelado, el que se transformó al aparecer la rueda de alfarero. La masa de arcilla, a la cual el alfarero daba forma, se colocaba al centro de la veloz rueda de moldeo - al menos 100 revoluciones por minuto. A través de ella, la pieza podía tomar fácilmente, cualquier forma circular al menor contacto con la mano del alfarero. La rueda de alfarero permitió hacer en minutos, lo que usualmente podría llevar horas a un aprendiz, logrando además una perfecta simetría en la pieza. Es así como la rueda de alfarero se convierte en el primero de una larga serie de aparatos que ahorraría fuerza de trabajo al hombre; principio sobre el que se basa la industria moderna. No ha sido encontrada completa ninguna de las ruedas primitivas, y no tenemos indicios para determinar cómo se originó el invento, si bien podemos elucubrar, pensando en el uso de una base giratoria que permitiera al alfarero observar los diferentes lados de la pieza sin necesidad de estar parándose interminablemente a caminar alrededor de la pieza para lograrlo. En su forma menos elaborada, la rueda de alfarero giraba sobre un pivote, apoyado sobre el hueco de una roca. Haciéndola girar a mano, la ruda recibía un impulso suficiente para modelar la vasija, sin embargo, al requerir una base de mayor diámetro para recipientes de mayor tamaño, se requirió de una segunda rueda para lograr el impulso, pues los brazos del alfarero ya no eran suficientes para sujetar la pieza y producir el giro al mismo tiempo. De aquí la práctica que parece haber surgido hacia el año 2000 a.C., de obtener el impulso con una segunda rueda, situada bajo la primera y ambas con un eje común, movida por los pies del alfarero. Hacia el siglo VI a.C., (599 a.C. - 500 a.C.) la rueda se empezó a usar prácticamente como un torno, para hacer muestras y moldes.

Al inicio, las vasijas debieron secarse al aire libre, después, mediante una fogata alimentada con ramas secas y posteriormente, con un fuego encendido por varias horas, dentro de una fosa en la tierra, que lograba temperaturas de hasta 800°C; fue éste, el origen del horno. Se desconoce con precisión cuando se comenzó a usar el horno; sin embargo, podemos reconstruir algunos modelos que pueden ser ubicados en el cuarto milenio a.C (3999 a.C. - 3000 a.C). Hasta los tiempos modernos, el horno vertical fue más usado que el horizontal; tenía una estructura con la

forma de una cúpula, de la cual escapaban los gases generados en el fogón a través de una chimenea. Con el horno horizontal, se logró la retención del calor durante un tiempo suficiente para hacerlo totalmente efectivo y la consecución de una temperatura uniforme tanto en la base como en el fondo del horno. El canal estaba colocado horizontalmente entre el fogón y la chimenea, que a su vez, se hallaban en los extremos opuestos del horno.

Es interesante mencionar que se cree que la amenidad del proceso de torneado y la comodidad que la rueda de alfarero brindaba, contribuyó a desarrollar el sentido de la forma, habilidad esencial para la invención de todo tipo de máquinas, mecanismos y estructuras físicas.

## LOS PRIMEROS TEXTILES

Es probable que los cestos, las esteras (tejido grueso de junco, con que se cubre el suelo de las habitaciones) e incluso las sogas, fueran hechas por el hombre desde el Paleolítico (hasta el año 6000 a.C.) antes que los tejidos, que requieren fibras hiladas o retorcidas y un modelo de tejido (trama). Sin embargo, los primeros ejemplares que han llegado hasta nosotros son egipcios y datan de los inicios del quinto milenio a.C. (4999 a.C. - 4000 a.C.); consisten en esteras, cestos enrollados y tejidos primitivos, los primeros ejemplares de sogas egipcias son de algunos siglos después. Es válido afirmar que la cestería, la esterería y la cordelería (fabricación de cuerdas) tienen una historia ininterrumpida de al menos 17000 años!, en los que algunos de los materiales, las técnicas empleadas e incluso los modelos fabricados, apenas presentan algún cambio.

Un ejemplar de cestería enrollada del año 3400 a.C., nos ilustra sobre el sistema empleado para fabricarlo; consistía en coser el cesto partiendo de la base y decorándolo con puntadas verticales de color a través de dos hileras, método aún en vigor.

La fabricación de cuerdas, de las que dependían de manera muy importante las operaciones del transporte marítimo y la edificación de grandes construcciones, tuvo su origen en la fabricación y arte del tejido doméstico. Las fibras que se utilizaban para la fabricación de cuerdas eran: la caña, el cuero, la fibra de palma y el esparto (planta con hojas duras y tenacísimas). Normalmente su fabricación implicaba tres procesos distintos; retorcer las fibras hasta convertirlas en hilos, los hilos en cabos y éstos en sogas; con el fin de impedir que la cuerda terminada se deshiciese, se retorcan los cabos interiormente en dirección opuesta a la que serían retorcidos conjuntamente. Es interesante observar que se estaba aplicando el principio de "la unión hace la fuerza", el cual persiste en la fabricación de los más modernos cables de acero.

Para el tejido, que provocaría el surgimiento de los telares, se empleaban los materiales fundamentales que ofrece la naturaleza: el lino, que era bien conocido en el Oriente Próximo hacia el año 3000 a.C.; el cáñamo, que fue la primera planta fibrosa usada en China y llevada a Europa hacia el año 500 a.C.; el algodón, probablemente originario de Arabia y la seda, originaria del Oriente Lejano. Los restos más antiguos de importancia en tejidos de lana, provienen de Escandinavia (región al norte de Europa que comprende hoy: Suecia, Noruega, Dinamarca, Finlandia, Islandia y las Islas Feroe) y datan del año 1000 a.C.

Para fabricar un hilo utilizable, las fibras, del material que fuesen, habían de ser estiradas paralelamente y retorcidas conjuntamente hasta formar un fino hilo continuo. Tal proceso se

denomina hilado y debió conseguirse primero de manera experimental al frotar las fibras entre las manos para formar hilos. La fibra convertida en hilo se devanaba entonces sobre un palo, en un principio, éste solo evitaba que el hilo se enredara y tenía la función de contenedor para el hilo; sin embargo, evolucionó para convertirse en el huso de madera, al que se daba vuelta para hacer hilo (hilar las fibras). El huso fue la única ayuda mecánica para hilar hasta el siglo XV (1400 - 1499 d.C.) y se suspendía con un peso, llamado nuez, que lo mantenía girando como trompo por algún tiempo.

El rasgo esencial del telar, que parece ser una invención del Neolítico (6000 a.C. - 3500 a.C.) era que proporcionaba un bastidor (estructura que delimita una área en la cual se trabaja) sobre el que se tensaban paralelamente hilos con una separación entre sí llamada urdumbre, con el fin de entrelazarlos mediante el cruce perpendicular de otro hilo continuo llamado trama, a todo lo ancho del tejido. Posteriormente, aparecieron dos elementos esenciales del telar: el lizo y la vara de calada. El lizo es una vara circular que sirve para manipular los hilos que forman la cara inferior del tejido; los hilos de esta cara, se pasan por encima de la vara, pero haciendo al mismo tiempo que ésta quede por encima de los hilos que forman la cara superior del tejido; de tal modo que se inviertan las caras a través de la vara y que al levantarla se forme un túnel a todo lo ancho del tejido, - el túnel forma la única región en donde los hilos inferiores se convierten en superiores gracias a la separación que provoca el lizo al ser levantado; una vez formado el túnel, se hace pasar a través de él la trama que regresará al lado opuesto del tejido gracias a otro túnel formado por la vara de calada; ésta es de forma rectangular y realiza la misma función que el lizo, con la diferencia de que los hilos de la cara superior del tejido quedan por encima de ella y los de la cara inferior por debajo de ella. En lo que respecta a los telares, se cree que en Grecia tenían dimensiones de 1.5 metros de ancho y un poco más de altura.

La forma más simple de tejido, conocido como tafetán, es también el más antiguo. Hacia mediados del tercer milenio a.C. (2999 a.C. - 2000 a.C.), se inicia su perfeccionamiento con una rapidez notable; así, en la tumba de Tutankamón, se descubrió un lienzo fino con 280 x 80 hilos por pulgada. Doscientos años más tarde, en el reinado de Ramsés III, se lograron tejidos de 1340 x 80 hilos por pulgada. Es importante hacer notar que los conocimientos textiles que poseían las fábricas de seda china, que datan del año 1000 a.C., no influyeron sobre el mundo occidental sino hasta los primeros años de la era cristiana.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DE LA MADERA.

La ebanistería, tal como la conocemos hoy en día, se practicó desde la época en que se introdujeron en Egipto los instrumentos de cobre alrededor del año 4000 a.C. La calidad de sus piezas, no fue igualada por los europeos sino hasta el Renacimiento. Solían utilizarse sierras y berbiqués, además, se pulían las piezas mediante lijas de arenisca. Las diversas partes de los muebles se mantenían unidas atándolas con correas; ya para el año 2000 a.C., los sistemas de ensamblaje estaban muy adelantados, así, la tumba de Tutankamón muestra adelantos tales como clavijas rematadas con botones de oro, que fueron utilizadas para fijar chapeados de marfil sobre la madera. Hacia el año 1690 a.C., las tumbas reales de Egipto contenían asombrosos sarcófagos en madera de cedro, tallados con un acabado uniforme de cuatro centímetros aún en las superficies que forman figuras, como la forma humana que presentan por fuera los sarcófagos, que se corresponde inversamente y con exactitud total en su interior.

Los griegos no introdujeron cambios radicales en la ebanistería, si bien las herramientas perfeccionadas de la Edad de Hierro (1400 a.C. - 1 a.C.), impulsaron el creciente dominio de su técnica. Los romanos fueron los primeros constructores de mesas realmente fuertes y de alacenas con anaqueles. Los soldados romanos, regresaron de las campañas en Asia con todo tipo de artículos de lujo orientales durante los dos últimos siglos a.C. (299 a.C - 1 a.C.), los cuales influyeron a crear la tendencia general hacia el lujo y la ostentación, usando costosos chapeados y accesorios metálicos para los muebles.

La innovación más importante fue sin lugar a dudas el torno, que data probablemente del año 1500 a.C. y que fue usado por los griegos en toda su extensión para tornear madera. No existe ningún ejemplar antiguo, pero es probable que haya surgido a partir del berbiquí o de la rueda de alfarero, despertando la curiosidad de la cultura griega, que amaba la perfección geométrica. Las herramientas de hierro, ya habían sido perfeccionadas por los asirios en el siglo VII a.C. (899 a.C. - 800 a.C.) y los griegos probablemente contaron ya con los prototipos de herramienta que serían de uso común entre los romanos; éstas constituyeron una mejora sobre sus antecesoras de cobre y bronce, así, las sierras de hierro fueron las primeras en tener dientes inclinados; aparecieron también, las nuevas limas y escofinas (herramienta a modo de lima, de dientes gruesos y triangulares, que sirve para devastar), que complementaban la tarea del cepillado.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DEL CUERO.

El hombre del Paleolítico (hasta el año 6000 a.C.) usaba las pieles de los animales para vestirse y para construir tiendas de campaña y recipientes. Existen gran cantidad de restos arqueológicos que muestran que el hombre utilizó rascadores de piel hechos de piedra para depilarlas. A partir del Mesolítico (4750 a.C.) el cuero desempeñó un papel importantísimo en la economía antigua, pues sirvió para muchos fines a los cuales se dedicarían posteriormente la alfarería y los tejidos.

Una vasija griega, nos muestra a un zapatero del siglo VI a.C. (599 a.C. - 500 a.C.), cortando cuero con una cuchilla de media luna ya utilizada en Egipto mil años antes; una cuchilla que con el mismo diseño perdura en las manos del zapatero actual.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DEL VIDRIO.

El vidrio es una sustancia rígida no cristalina, que puede sustituir a los artículos de alfarería y que tiene la cualidad de ser transparente o al menos translúcido. Su más primitivo uso fue en el esmaltado - esto es, el revestimiento con vidrio de piezas de alfarería. Posteriormente, en tiempos más recientes se ha empleado para fabricar cristales para ventanas, espejos y lentes para instrumentos ópticos.

El vidrio era elaborado, por lo general, calentando una mezcla sin impurezas de sosa, cal y arena - o en su defecto, sílice - hasta que se fundía convirtiéndose en un fluido vítreo, que debía enfriarse lentamente para evitar roturas y cristalizaciones. El vidrioado de cuentas de esteatita se remonta en Egipto al año 4000 a.C. aproximadamente; la fabricación de objetos de vidrio sólido,



data del año 2500 a.C. tanto en Egipto como en Mesopotamia. Los recipientes de cristal, no hacen su aparición sino hasta el año 1500 a.C., cuando la técnica de soplar el vidrio era nueva y se extendía con rapidez como un proceso fundamental en su fabricación.

Los primeros objetos de vidrio, que incluyen figurillas bien acabadas, se hacían con moldes de arcilla, mientras que los objetos de mayor tamaño, se lograban puliendo el vidrio del mismo modo en que se tallaba una piedra. El método más generalizado para la fabricación de recipientes de vidrio, consistía en meter un núcleo de arena contenida en un saco de tela, en un crisol con el vidrio fundido y hacerlo rodar después sobre una banco de piedra para darle forma; una vez enfriado, se retiraba la arena de su interior.

Hacia el año 1350 a.C., los egipcios contaban ya con factorías que fabricaban vidrio en cantidades considerables. El oficio se difundió gracias a los trabajadores emigrados al Oriente Próximo. Tras una sensible interrupción, que duró unos cuatrocientos años, los objetos de vidrio se hicieron nuevamente frecuentes hacia el siglos VIII y VII a.C. (899 a.C. - 700 a.C.) cuando los fenicios, comerciantes por excelencia, los llevaron a las costas del atlántico; mientras tanto, la fabricación de cuentas de vidrio se extendió por toda Europa.

El mayor avance vino de Siria, desde donde se difundió al Imperio Romano en sus primeros años (a partir del año 29 a.C.). Este avance consistió en la técnica de soplar el vidrio, que se originó tal vez, al soplarle a las vasijas dentro de los moldes; al ir aumentando la destreza, los moldes se fueron desechando. El vidrio soplado formaba una especie de burbuja, la cual surgía del extremo de un tubo de caña que se moldeaba con unas tenazas; cuando aún estaba fundido, se trasladaba a una varilla llamada puntel, que se incrustaba en la base del recipiente, pero sin atravesarlo. El proceso concluía extrayendo el tubo de caña que dejaba una boca que se retocaba con unas tijeras. Recalentando el vidrio cuando era necesario, el artesano podía soplarlo y tornearlo en casi cualquier forma, desde platos planos de medio metro de diámetro hasta pequeños jarros contenidos en otros mayores. Hacia el siglo II d.C. (100 d.C. - 199 d.C.), la técnica y la industria del vidrio se difundió desde el Imperio Romano hasta Colonia y Tréveris - hoy Alemania.

### 3. LA TECNOLOGIA PARA LA EXTRACCION Y LABRADO DE LOS METALES

#### LA EDAD DEL BRONCE (3500 a.C. - 1400 a.C.)

La historia del labrado de los metales inicia mucho antes que la de su extracción, debido a que muchos de ellos, como el oro, se encuentran en la naturaleza en estado puro. Los metales preciosos fueron quizá los primeros en llamar la atención del hombre por su brillo. En cuanto a los metales útiles, el hierro era literalmente, un don del cielo; así, el hierro de los meteoritos era muy apreciado para fabricar utensilios. Por ejemplo, en tiempos muy recientes, el hierro de un meteorito caído en Groenlandia, fue utilizado por los esquimales durante más de un siglo. El cobre fue otro de los metales que se conocieron en su estado natural, si bien los depósitos de este tipo, se agotaron de inmediato y se hizo necesaria la explotación de yacimientos; ésta requiere dos procesos separados: primero, la separación del metal de otros elementos con los que se halla combinado y segundo, la elaboración del metal para obtener artículos útiles.

Puede especularse acerca del modo en el que un proceso relativamente complicado como éste, pudo ser desarrollado por primera vez por el hombre ancestral; así, podemos suponer plausiblemente que el primer mineral que se fundió fue la malaquita, un carbonato de cobre de color verde. Este mineral se encuentra en abundancia en el Oriente Medio y se usaba como pigmento desde el quinto milenio a.C. (4999 a.C. - 4000 a.C.), en especial, como cosmético para pintar el párpado inferior. La malaquita puede ser reducida a cobre con mucha facilidad; de hecho, si se deja caer un poco de este mineral en una fogata, resultarán gotas de cobre. De un hecho fortuito como éste, pudo haberse originado la fundición deliberada de la malaquita y de otros minerales que contuvieran cobre.

Por lo que respecta al labrado del metal, existían dos opciones principales: una de ellas, que se remonta a los tiempos más antiguos, fue sencillamente dar forma al metal con un martillo y un yunque. En una etapa temprana, se debe haber descubierto que el martilleo endurecía al metal y que el fuego lo ablandaba. El otro método consistía en dar forma al metal al verterlo en un molde, mientras estaba aún en estado de fusión al haber sido calentado; la forma obtenida podía ser retocada mediante el martilleo.

El oro en pequeñas cantidades, se podía hallar en muchas regiones del mundo antiguo; así, Egipto ejerció casi un monopolio sobre su producción, con más de 100 minas de oro. La plata no fue un producto típico de Egipto, sino del Asia Menor nororiental (el puente entre Asia y Europa). Por lo que respecta al cobre, parece haber existido una verdadera Edad del Cobre en Egipto hasta el año 2000 a.C; su historia como metal utilizado estuvo desde los inicios estrechamente ligada a la del estaño. El cobre obtenido por los antiguos, era un metal relativamente blando y por consiguiente, algunas de sus aleaciones (más resistentes) tenían un valor práctico mayor; entre ellas, se destaca el bronce - aleación de cobre y estaño. Es fácil extraer estaño con bastante pureza de su mineral principal - la casterita - y parece que su obtención estaba bien establecida en Europa hacia el año 1500 a.C. El origen del bronce es incierto, pero parece factible suponer que se descubrió por la fusión accidental de minerales mixtos de cobre y

estaño. La manera de fabricar bronce fundiendo cantidades determinadas de cobre y estaño puros, parece haber surgido en el Oriente Próximo.

En comparación con las herramientas de sílex (piedra compacta y opaca, de color gris o negro), las de cobre y bronce - aún sin poseer un filo - duraban más tiempo, eran mucho menos frágiles y se les podía dar forma con mayor facilidad; así, se vertía el cobre en estado líquido en un molde de piedra o arcilla, para obtener la herramienta; posteriormente se sometía a la pieza al martilleo, alternándolo con el recalentamiento para facilitar su retoque. La Edad de Bronce se caracterizó por la fabricación de muchas de las herramientas de hoy: por ejemplo, el pesado acotillo (el martillo grueso del herrero), el cuchillo con mango, el cortatráfio (cincel para cortar hierro en frío a golpes de martillo) y la escofina de carpintero (herramienta con dientes, a modo de lima, que sirve para arrancar material). En cuanto a las armas - herramientas de defensa y después de guerra - sabemos que la espada surgió en la temprana Edad del Bronce (3500 a.C. -1400 a.C.) a partir del puñal, su decoración, a juzgar por ejemplares hallados en Hungría y Persia, cruza la frontera entre las simples herramientas y las obras de arte.

Los restos en un cementerio de la realeza en Ur (ciudad caldea en Babilonia - hoy Irak -), que data entre los años 2999 y 2500 a.C., muestran que ya se usaban casi la totalidad de los procesos actuales para labrar metales (salvo seis). Se empleaban moldes de arcilla de tres o cuatro piezas; en ocasiones, existían modelos de arcilla que daban la forma original al molde. Para las piezas más grandes, como el inmenso pilote de bronce que se fabricó para el templo de Salomón, el molde se excavaba en un terreno apropiado de arcilla. Es importante mencionar también, la fabricación de clavos para fijar láminas de metal sobre madera, así como remaches para unir piezas de metal, aunque también se soldaban mediante estaño y plomo, cobre o bronce.

## LA EDAD DEL HIERRO (1400 a.C - 1 a.C.)

Un avance fundamental de este período, lo constituyó el proceso de cementación, realizado probablemente en el Asia Menor hacia el año 1400 a.C. Consistía en un proceso para acerar las barras de hierro forjado, que se lograba martillándolas y calentándolas en contacto directo con carbón vegetal que difundía carbono en la superficie del metal; algunos minerales de hierro de excepcional calidad, se convierten en acero directamente, si el proceso de fundición es suficientemente minucioso.

El hierro comenzó siendo utilizado para fabricar ornamentos, posteriormente se convirtió en material para espadas y puñales; así, la espada de hierro fue el principal producto de la temprana Edad del Hierro (1400 a.C. - 1 a.C.), debido a que el bronce era relativamente quebradizo.

Entre las herramientas que surgieron, se encuentran las tenazas articuladas, sin las cuales el trabajo del herrero no habría sido posible: los yunques para fabricar clavos, las hileras para estirar alambre y sierras de bastidor casi idénticas a las actuales sierras para metal. Aún las más pequeñas herramientas de mano, tenían una forma y calidad funcional similares a las de hoy en día. Sin embargo, el orden de aplicación del hierro fue: la fabricación de armas primero, seguida por la fabricación de hachas y picos para la agricultura y la minería, y finalmente para las herramientas descritas anteriormente. La importancia del hierro fue enorme; la civilización griega

del siglo VI a.C. (599 a.C. - 500 a.C.), se asentó sobre el uso del hierro del mismo modo que la expansión del poderío romano, el cual los llevó hasta los límites más lejanos del mundo occidental.

El latón fue una nueva aleación, de composición variable de cobre y zinc; ésta se hacía mediante un procedimiento de cementación en el que la calamina (carbonato de zinc), el cobre y el carbón vegetal se calcinaban juntos. En esa época, el latón era seis veces más caro que el cobre y en algunos lugares, aún más caro que la plata. Apareció en occidente en tiempos de Augusto, quién acuñó monedas en latón. De acuerdo a la tradición, los griegos acuñaron las primeras monedas en plata poco después del año 700 a.C. en Engina. El símbolo de la moneda se labraba invertido con la ayuda de un cincel y un martillo sobre una pieza de bronce o de hierro, que se fijaba en un yunque al incrustarla; después, se presionaba sobre ella un pequeño disco del metal a acuñar, con la ayuda de un troquel que prensaba la moneda.

La explotación de los metales por los griegos y los romanos, tuvo fuerte influencia en las técnicas de la guerra y de la paz. La armadura y escudo de los hoplitas griegos estaban hechos de bronce, y sus armas consistían en una lanza de tres metros con la punta de hierro y una espada corta de hierro. Al inicio, los romanos se equiparon imitando a los griegos, pero más adelante, las legiones impusieron el uso de una coraza de hierro hecha de láminas articuladas y tiras superpuestas que le daban mayor solidez.

## 4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE.

### LOS INICIOS: LA RUEDA Y EL CABALLO.

Podemos suponer que fueron las mujeres el primer ejemplo del transporte aplicado, al transportar a sus bebés y a los alimentos recolectados, mientras los hombres actuaban como cazadores y protectores. La idea de atarse un bulto a la espalda y otras ideas similares, son contribuciones a la tecnología del transporte, que tienen probablemente un origen femenino.

No sabemos, sin embargo, en que momento comenzaron los animales a contribuir como medios de transporte. Algunos han supuesto que fue el perro el primer animal en ser utilizado, por haber sido el primero en ser domesticado; otros han dado precedencia al reno, por ser muy lógico hacerlo tirar de una carga sobre la nieve resbaladiza; es lógico también, pensar que al ser domesticado el ganado, surgiera la idea de emplear su fuerza para un duro acarreo. De esta manera, el primer testimonio que tenemos del uso de un animal de carga es el asno, utilizado en Egipto hacia el año 3000 a.C.; es un hecho cierto, que las caravanas de asnos de carga eran de uso común para el año 2000 a.C.

Otras herramientas en el progreso del transporte son también de la más remota antigüedad: las andas (base sostenida por varas paralelas para conducir objetos o personas) y la narria (cajón para arrastrar objetos de gran peso); ambas debieron ser resultado del transporte de bultos. No se sabe cuando se le añadieron deslizadores tipo trineo a la narria para facilitar su arrastre, pero en Escandinavia (región al norte de Europa que comprende hoy: Suecia, Noruega, Dinamarca, Finlandia y las Islas Feroe), las más antiguas pertenecen al Mesolítico (4750 a.C.). Asimismo, una asombrosa roca tallada de la Edad de Piedra (hasta el año 3500 a.C.) hallada en Noruega, muestra a un hombre sobre esquís, mientras que éstos existieron en Escandinavia, desde finales del Neolítico (6000 a.C. - 3500 a.C.). Fueron la narria y las cuerdas, las que permitieron erigir las primeras figuras colosales de dioses en Egipto y Mesopotamia.

### LOS INICIOS DEL TRANSPORTE MARITIMO.

La misma oscuridad envuelve al surgimiento de la embarcación, cuando el hombre consideró la posibilidad de usar objetos flotantes para sostenerse en el agua; el simple flotador originario se convirtió rápidamente en balsa.

Otros cuatro inventos dieron al transporte por mar y tierra, sus elementos esenciales: la vela, la rueda, la carretera y el uso del caballo como medio de transporte. Algunos dibujos egipcios, muestran embarcaciones de caña equipadas con una vela cuadrada. La rueda constituyó, sin lugar a dudas, uno de los avances más importantes en la historia de la tecnología. La rueda de carro parece haber surgido al mismo tiempo que la rueda de alfarero y tuvo consecuencias de gran alcance; así, el indicio más antiguo de un vehículo con ruedas, lo constituye el bosquejo de una tabla sumeria que muestra una narria con cuatro ruedas macizas; ésta, puede ser fechada un poco después del año 3500 a.C. La carreta, la galera y el carro de dos ruedas, se convirtieron en transportes característicos de las civilizaciones antiguas. ¿Dónde surgió tan genial

invento?. Mesopotamia parece ser el origen probable de la rueda. La aparición de rayos en la rueda hizo su aparición junto con el uso caballo cerca del año 1800 a.C., momento en el que el carro de dos ruedas tirado por caballos, llegó a ser instrumento decisivo en las batallas entre imperios. Los vehículos más antiguos de ruedas que quedan completos son los egipcios, tales como el hallado en la tumba de Tutankamón; son obras maestras de funcionalidad, el suelo estaba hecho de correas de cuero entrelazadas, contaban con un yugo con pectoral para los caballos - que ya usaban anteojeras - y anillos para las riendas. Los retenes en las ruedas proporcionaban un juego de un centímetro que se ajustaba con extraordinaria precisión. Mientras tanto, la rueda engendraba al camino; se sabe que existieron caminos pavimentados en Mesopotamia, Egipto y Creta (Grecia), pero el primer gran sistema de calzadas, fue construido por los romanos para ser un instrumento de conquista.

Ya en tiempos de Homero (siglo IX u VIII a.C. 899-700 a.C.), el barco de guerra y el barco mercante estaban bien diferenciados; el de guerra era de construcción ligera con propulsión a remos, el mercante era de fondo ancho con propulsión a vela; ambos estaban construidos con madera y con juntas a tope, esto es, que las tablas se unían por sus extremos. En cuanto a sus dimensiones, se sabe que el emperador Calígula (12 d.C. - 41 d.C.) contaba con una galera de placer de 135 metros de longitud.

## 5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO.

### LA BALANZA.

Es posible que los más antiguos patrones para el peso, hayan estado relacionados con el peso de volúmenes tipo agua o grano; sin embargo, existe poca evidencia al respecto. La primitiva balanza, parece haber surgido con la finalidad de pesar polvo de oro - mercancía tan preciada, que su medición exacta debió haber sido de gran importancia. Este uso parece poder fecharse a partir del quinto milenio a.C. (4999 - 4000 a.C); su introducción para fines comerciales tuvo lugar 2000 años después.

La balanza en su forma moderna, esto es, con un ástil montado sobre un pivote que soporta al objeto que desea pesarse en un extremo y los pesos patrones en el otro, apareció en Egipto. Para el año 1350 a.C., las balanzas ya podían efectuar mediciones con una precisión del 1%. La balanza romana, todavía extensamente utilizada hoy en día, era un tipo de balanza en la cual el objeto que se pesaba, no se equilibraba variando el peso en el extremo opuesto hasta igualarlo, sino que se movía un peso a lo largo de un brazo graduado que daba una lectura directa del peso; ésta, constituiría la balanza mecánica moderna que se mantiene hasta nuestros días.

### EL RELOJ.

La medición del tiempo fue otra preocupación del hombre desde tiempos muy remotos; uno de los usos más primitivos de la escritura, los constituyen anotaciones sobre el tiempo. Los egipcios contaban ya con un calendario preciso hacia el año 3500 a.C. Así, el primer reloj horario, fue probablemente el reloj de sombra, hallado en Egipto y que data aproximadamente del año 1450 a.C.; contaba con escalas que permitían usarlo en distintos períodos del año. El reloj de agua data del mismo período y mide el tiempo mediante el flujo de agua de pasa por un pequeño orificio hacia un gran recipiente. Con el mismo principio apareció en el mismo período, el reloj de arena. Estos tres relojes siguieron siendo virtualmente los únicos relojes durante miles de años, hasta la aparición de los relojes mecánicos en el siglo XIII d.C. (1200 - 1299 d.C.); éstos eran impulsados por pesos colgantes; posteriormente surgirían en el siglo XV d.C. (1400 - 1499 d.C.) los mecanismos impulsados por resortes, los cuales, hicieron posible la aparición de los relojes de bolsillo. El descubrimiento del principio de la oscilación isócrona del péndulo que hiciera Galileo, según dicen, al estar en la catedral de Pisa y observar el balanceo de una de sus lámparas, abriría a partir de 1581, una era de mucha mayor precisión en la medición del tiempo. La medición mecánica y exacta del tiempo debe estar basada en algún movimiento de repetición que ocurra con completa regularidad. El mecanismo más primitivo de transmisión del movimiento fue la rueda catalina, en la que un par de paletas endosadas a un brazo oscilante, se engranaban alternadamente en una rueda dentada que completaba su giro gracias a una pesa colgante; el eje de esta rueda, estaba conectado a un sistema de engranajes que permitían el movimiento de las manecillas por delante de una carátula; el reloj más primitivo de este tipo, que aún se encuentra en la Catedral de Salisbury (Inglaterra), data del año 1386 d.C. La pasión de esta época por los mecanismos más sofisticados, llevó a este tipo de relojes a contar con funciones tales como la aparición de cuatro jinetes en la carátula al cumplirse cada hora (¿Será ésta una evocación de la

marcha inexorable de los cuatro jinetes del apocalipsis, que después de determinado tiempo harán su aparición en este mundo?); de hecho, el reloj astronómico de Giovanni Dondi, construido entre 1348 y 1362 d.C., no sólo indicaba los movimientos del sol, la luna y los planetas, sino que tenía incorporado un calendario perpetuo para las festividades de la Iglesia Católica. Otro sofisticado reloj, construido en Estrasburgo en 1354, contaba en su mecanismo con un gallo que alargaba el cuello, aleteaba y cacareaba; el reloj ha desaparecido, pero hoy en día se conserva el gallo, que fue colocado en un reloj posterior en 1574. El reloj impulsado por resorte espiral, apareció aproximadamente en 1450; la utilización del resorte hizo posible la construcción de mecanismos más compactos y preparó el camino para la aparición del reloj de bolsillo, sin embargo, requirió la necesidad de un mecanismo que compensara la fuerza decreciente del resorte al desenrollarse; esta compensación la proporcionó el caracol, que era un eje cónico con cuerda helicoidal (cuerda que no es perpendicular al eje de la pieza sino que presenta una inclinación con respecto al mismo) que permitía ejercer una fuerza mayor en el eje del mecanismo a medida que se desenrollaba el resorte.

## EL PAPEL.

El primer antecedente del papel lo constituye el papiro egipcio; para fabricarlo, cortaban en tiras la médula del tallo del papiro y las cruzaban en ángulo recto; después, eran prensadas, secadas, alisadas y unidas para formar un rollo. El papiro fue un monopolio egipcio que incluso se exportaba y que constituyó un poderoso estímulo para la expansión de la escritura entre sus vecinos. Posteriormente, los egipcios comenzaron a utilizar el cuero para escribir, el cual daría origen en el cultura griega y romana al pergamino, fabricado con cuero de ternera o cabrito sin curtir, que se alisaba para producir una superficie perfecta para la escritura. Apareció alrededor del año 300 d.C. y llegó a tener un uso ocasional hasta el siglo XIII d.C. (1200 - 1299 d.C.). Un paso adelante, lo constituyó la manufactura china de papel, los cuales lo fabricaban desde el año 105 d.C. A mediados del siglo VIII d.C. (700 - 799 d.C.), los árabes tomaron prisioneros a algunos fabricantes de papel chinos y comenzaron a fabricarlo en occidente. A partir del siglo XII d.C. (1100 - 1199 d.C.), la industria del papel comenzó a extenderse hacia las hoy España e Italia, para llegar en el siglo XIV d.C. (1300 - 1399 d.C.) a la hoy Alemania y al resto de los países europeos. El papel más primitivo estaba hecho con paja, madera, lino y algodón, los cuales, se convertían en pulpa a base de golpes, mezclándolos con agua para separar las fibras; luego se transfería la pasta a una tina y se removía constantemente para lograr una mezcla homogénea; el papelerero la metía entonces en un tamiz rectangular de hasta 112 alambres por decímetro, que filtraba el agua y permitía que el resto de la mezcla se enfurtiera entre si, para formar la hoja de papel. Hacia el año 1282, comenzó en Italia la práctica de coser una figura de alambre en el tamiz, de modo que las hojas de papel portaran un emblema: la filigrana. Posteriormente, se colocaban las hojas salidas del molde entre paños de fieltro, para después ser aplanadas en una prensa; por último, se colgaban las hojas para ser secadas y se les daba acabado con una piedra lisa.

## LA IMPRENTA.

El impacto que causó la aparición de la imprenta fue insospechado; la producción de libros durante los primeros cincuenta años de su aparición, fue seguramente mayor que en los mil años anteriores. Además de su enorme significado para la religión, la política y las artes, constituyó un



avance tecnológico que facilitó a todos los que le siguieron. Es por tanto decepcionante, encontrar que el origen preciso de un invento que hizo época, sea todavía incierto. Mientras que pueden existir pocas dudas sobre el hecho de que Europa estuviera al tanto de la existencia de la impresión en Oriente bastante antes del siglo XV d.C. (1400 - 1499 d.C.), no se sabe si su técnica era conocida. Sigue siendo una interrogante la cuestión de si la idea y la técnica derivaron de Oriente, o si existió una invención europea independiente de la imprenta. Sea como fuere, el hecho cierto es que hacia el año 1400 d.C., se imprimían en Venecia y ciudades del sur de Alemania, naipes y estampillas religiosas. Son cuatro los elementos que se requieren para la impresión: una placa que lleve el diseño a imprimir en altorrelieve, el papel a ser impreso, tinta y una prensa para transferir la tinta del altorrelieve al papel.

Se empleaba una tinta al aceite, que se obtenía batiendo aceite de linaza hirviendo con negro de humo (hollín) o carbón vegetal en polvo, esta tinta fue usada durante cuatrocientos años. La prensa ya era familiar, pues era usada para prensar telas y papel; con el tiempo, la prensa contó con la adición de un elemento llamado tímpano, que consistía en un bastidor (contorno físico que define un área) cubierto de cuero al que se fijaba el papel antes de imprimir; el tímpano estaba posicionado de tal manera que descendía con precisión total, logrando cuadrar la hoja y la placa con el altorrelieve y ejerciendo la presión adecuada para la impresión. Las ilustraciones, planos, mapas y diagramas se tallaban en relieve en placas de madera o de metal; la invención de la impresión tipográfica con tipos móviles alrededor de 1450, produjo el libro moderno. Los tipos móviles tenían tres ventajas: primero, las placas podían ser utilizadas repetidamente, limitándose su período de uso al desgaste natural; segundo, los tipos podían ser renovados a bajo costo, ya que cada letra podía ser reproducida en un molde una vez diseñada; tercero, el uso de tipos, estandarizó el tamaño y tipo de las letras, facilitando la lectura de los libros.

Es probable que el perfeccionamiento de la imprenta, fueran resultado de la obra de varios experimentadores. Johann Gutenberg, orfebre de Estrasburgo (Alemania), fue uno de ellos al regresar a su natal Maguncia en 1446; también lo fue su colega y socio capitalista Johann Fust, y al que algunos acusan de haberle robado la técnica a Gutenberg después de tomar su taller en garantía, ante la insolvencia de Gutenberg para pagar sus deudas con Fust; sin embargo, es posible que éste haya experimentado por su cuenta en un período anterior. De hecho, algunos ejemplares impresos en Holanda y que pueden ser anteriores a los producidos por Gutenberg o Fust en Maguncia, parecen ser la obra de Coster de Haarlem o de arifices anónimos que se sabe trabajaban en el sur de Francia. Lo que se sabe con certeza es que la primera imprenta a gran escala, fue la establecida en Maguncia y asociada en un principio a los nombres de Gutenberg y Fust, que hacia 1448 utilizaban serles impresión tipográfica; los tipos los producían con punzones de acero o cobre que pudieran serles completamente familiares en su oficio como orfebres al momento de realizar acuñaciones. En aquella época, se golpeaba el punzón con un martillo sobre un metal más blando, como el plomo, y la matriz así formada, se insertaba en un molde para tipos, para ser después fundidos en una aleación hecha probablemente a base de estaño; se obtenían así, los tipos que se limaban para darle el tamaño adecuado de aproximadamente 25 milímetros; con todo, la confección de un modelo era un proceso de días más que de horas, mientras que la preparación de una página de la Biblia con estos tipos, le llevaba a un hombre todo un día. El cajista tomaba las letras de una en una con pinzas, formando las líneas de cada página en un componedor; las líneas compuestas se colocaban sobre una superficie plana llamada galerín o galera, que constituiría la placa lista para imprimir. Esta constituyó la técnica de impresión hasta el Renacimiento.

## 6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA.

### ENERGIA HUMANA Y ANIMAL.

Mientras el hombre no aprendió a domesticar a los animales, contó con su fuerza muscular como única fuente de energía. Cuando la potencia de trabajo requerida era mayor a la que podía proporcionar un solo individuo, existían dos alternativas: aplicar la fuerza de varios hombres o usar ingenios mecánicos para transformar una pequeña fuerza que actuara a distancia, en una fuerza mayor aplicada en un punto particular. La construcción de las pirámides de Egipto demuestra que un gran número de hombres podía suplir satisfactoriamente la ausencia de maquinaria. Desde la aparición de los imperios, los prisioneros de guerra fueron empleados como fuentes de energía para la ejecución de obras públicas. Roma, durante el Imperio Romano, contaba con cerca de 200 000 esclavos en una población total menor al millón de habitantes, así, 660 esclavos mantenían los 450 kilómetros de acueductos que suministraban diariamente 173 litros de agua por habitante. Existió también, la explotación de esclavos en la minería que enriqueció los reinos de David y Salomón (aprox. 1000 - 933 a.C.) y mantuvo a la democracia griega del siglo V (400 - 499 d.C.); los esclavos obtuvieron los metales de los que dependió el progreso, con métodos que llevaban la energía humana al agotamiento total; Diodoro Sículo menciona durante el reinado de Augusto (27 a.C. - 14 d.C.), que en las minas de plata en la hoy España, los trabajadores más fuertes eran los más desgraciados, ya que eran los que más tardaban en morir. Así se llega hasta la era industrial, donde los esclavos fueron utilizados hasta la muerte, para la construcción de los ferrocarriles de Europa y Asia.

Entre los ingenios mecánicos que ayudaban al hombre, la palanca es por mucho, la más importante; el principio en el que se basa es el fundamento de casi todas las máquinas. Se desconoce cuándo surgió, pero la ley de la palanca fue enunciada por Arquímedes (287? a.C. - 212 a.C., véase la página 4); sin embargo, no es descabellado pensar que el hombre ancestral debió percatarse que los objetos pesados podían moverse metiendo un tronco debajo de ellos. Arquímedes se dio perfecta cuenta de esto cuando dijo: "dádme un punto de apoyo y moveré el mundo". Con la palanca se relacionan otros cuatro ingenios mecánicos del mundo antiguo, que son descritos de manera completa en *Mechanica*, obra escrita por Herón de Alejandría en el siglo I d.C. (0 - 99 d.C.), éstos son: la cuña, el tornillo, la polea compuesta y la rueda con un eje; todos ellos instrumentos mecánicos que se basan en el principio de la palanca, el cual confirma que mientras mayor sea el trabajo a ejecutar, mayor deberá ser la distancia desde la que se ataque. Estos instrumentos hallaron aplicación en multitud de máquinas; así, en los barcos, la energía humana era desplegada a través de palancas o remos; la palanca se utilizaba en las prensas griegas desde el año 1600 a.C. para exprimir uva y aceitunas; las prensas de aceite de Pompeya trabajaban aplicando el principio del tornillo; la rueda y el eje, en la cual una pequeña fuerza ejercida en la periferia se transforma en una gran fuerza al centro de la misma, encontró aplicación en el molino de rueda.

Otro medio muy importante para acumular energía y aplicarla en un momento deseado es el resorte, del cual existen innumerables ejemplos en la naturaleza. Encontró su primera aplicación conocida en el arco, utilizado para disparar flechas en la caza y en la guerra; la primera representación inequívoca del arco proviene de Africa y data del Paleolítico (6000 - 3500 a.C.);

posteriormente encontraría aplicación en la catapulta surgida antes del año 400 a.C. y la ballesta, empleada ya en el siglo II a.C. (199 - 100 a.C.).

Durante muchos años, se introdujeron apenas cambios en estos ingenios mecánicos del mundo antiguo; la variación importante fue el cambio en la fuente básica de energía, así, la energía humana fue sustituida poco a poco por los animales de tiro y más tarde, por la energía hidráulica y eólica.

## LA RUEDA HIDRAULICA.

El molino de agua más antiguo del cual tenemos noticia, es el llamado molino griego o escandinavo, el cual giraba sobre un eje vertical, cuya parte inferior contaba con paletas sumergidas en una corriente de agua. Estos molinos eran utilizados para moler grano y contaban con dos discos de piedra para molerlo, el superior estaba directamente acoplado al eje de la rueda para girar simultáneamente con ella, friccionando con la piedra inferior y moliendo el grano. Estos molinos requerían de una corriente de agua rápida y tuvieron su origen probable en las regiones montañosas del Oriente Próximo; sin embargo, se utilizaron ampliamente en toda Europa durante la Edad Media (476 d.C. - 1500 d.C.) y en algunas regiones incluso hasta el siglo XIX d.C. (1800 - 1899 d.C.). De hecho, en las Islas Shetland (parte de Escocia), donde existieron unos 500, se utilizaba uno en 1933. Estos molinos se consideran los precursores de la turbina hidráulica (invento del siglo XIX) y considerándolo así, se puede decir que han estado en uso ininterrumpido durante bastante más de 3000 años.

Vitruvio propuso en el siglo I a.C. (99 - 1 a.C.), un diseño diferente para el molino hidráulico al hacer que el eje fuera horizontal y la rueda vertical; diseñada para moler grano, su rueda se acoplaba al disco giratorio de molido, mediante engranajes de madera, logrando una reducción de cinco a uno. Los primeros molinos de este tipo recibían la corriente de agua en la parte baja de la rueda; más tarde se descubrió que era más eficiente la rueda que recibía el impulso de la corriente en la parte superior de la rueda; no obstante ser más eficiente, este sistema requería equipo auxiliar considerable.

Pese a que el proceso de molienda permaneció inalterado, esto es, la molienda del grano entre dos discos de piedra, uno móvil y otro fijo, aparecieron algunas mejoras como el grabado de muescas en ambos discos y siempre en línea recta del centro a la periferia del disco; estas muescas, desmenuzaban el grano y permitían su expulsión por efecto de la fuerza centrífuga provocada por el giro de los discos.

Este molino suministró una fuente de energía mayor que ninguna otra disponible y no sólo revolucionó la molienda de granos, sino que abrió el camino a la mecanización de operaciones en otras industrias. Es difícil de calcular la potencia de tales molinos, pero se puede deducir de manera aproximada su rendimiento: un molino romano en Venaño, de los movidos por la parte inferior y con una rueda de dos metros de diámetro, podía moler hasta 180 kilos de grano en una hora; esto es equivalente hoy a unos 3 CV. En comparación, un molino movido por un burro o dos hombres, molía escasamente cinco kilos en una hora.

Aunque fue la molienda de grano la que constituyó el estímulo más grande para la utilización de la rueda hidráulica, ésta se utilizó en toda la Europa medieval para una gran variedad

de fines industriales; el *Domesday Book* registró no menos de 5624 molinos de agua tan sólo al sur del río Trent en Inglaterra.

La energía hidráulica fue utilizada en serrerías, batanes (máquina para martillar telas), bocartes (máquina para triturar piedras o minerales) y martinets para metal. La rueda hidráulica conservó su inmensa importancia hasta mucho después del invento de la máquina de vapor, la cual surgió en un principio, no para mover a la maquinaria directamente, sino para bombear agua y suministrar un caudal constante a las ruedas hidráulicas. Entre el siglo XVI (1500 - 1599 d.C.) hasta bien entrado el siglo XIX (1800 - 1899 d.C.), las ruedas hidráulicas fueron las fuentes de energía más importantes; en Londres, por ejemplo, se bombeo agua para la ciudad desde el río, por medio de ruedas hidráulicas instaladas en el puente de Londres desde 1582 hasta 1822; de hecho, la revolución industrial, en vez de provocar que la rueda hidráulica cayera en desuso, impulsó importantes perfeccionamientos en ella después de un largo período de cambios limitados.

## EL MOLINO DE VIENTO.

No existe evidencia de que el molino de viento, fuera conocido en el mundo antiguo. Como fuente de energía mecánica, parece haber surgido en Persia en el siglo VII d.C. (600 - 699 d.C.). Es una hipótesis razonable, el pensar que se inspiró en las velas de los barcos. Sea como fuere, el hecho es que su uso estaba firmemente establecido en la provincia persa de Seistán en el siglo X d.C. (900 - 999 d.C.), utilizándose para irrigación; para el siglo XIII (1200 - 1299 d.C.) a más tardar, se utilizaba ya para moler grano. El molino de viento persa contaba con un eje vertical y su estructura era de dos pisos: en el piso superior estaban los discos de molienda, en el inferior se encontraba una rueda impulsada por aspas cubiertas de tela - en número de seis a doce - y que producía el giro del disco superior de molienda; en los inicios, se abrieron recuadros en las aspas para disminuir la velocidad de giro, pues una velocidad excesiva generaba tal cantidad de calor por fricción en los discos, que éstos y el grano se estropeaban.

La primera mención de un molino de viento occidental, se encuentra en un documento normando escrito en el año 1180, y parecen haber sido comunes ya para el siglo XIII d.C. (1200 - 1299 d.C.). El molino de viento occidental, presentó un fuerte avance sobre el molino persa, al colocar sus aspas en un plano perpendicular al suelo y con todas las aspas de frente al viento, provocando que el viento actuara continuamente sobre la totalidad de sus aspas y de sus respectivas áreas. Por el contrario, el molino persa colocaba sus aspas en un plano paralelo al suelo, provocando que sólo un reducido número de aspas y de sus respectivas áreas, fueran operativas a la acción del viento en un momento determinado; por consecuencia, la operación del molino occidental era más complicada, al tener que encarar el plano de las aspas a la dirección del viento; para lograrlo, los molinos de poste o molinos alemanes (los más antiguos) giraban toda su estructura, esto es, aspas y discos de molienda, sobre un fuerte poste vertical al que estaban fijados; esto implicaba un gran esfuerzo aún cuando la estructura estuviera bien equilibrada. Durante mucho tiempo, esta maniobra se realizó a mano mediante un largo palo situado un poco encima del nivel del suelo y que estaba articulado a la estructura giratoria del molino. Para finales del siglo XIV d.C. (1300 - 1399 d.C.), aparecieron los molinos de torre, en los cuales sólo giraba la parte superior del molino con las aspas, ahorrando un considerable esfuerzo. Aunque el principio del molino de viento es muy simple, su estructura era complicada y robusta según las antiguas ilustraciones que han llegado a nosotros. La estructura del molino de torre era de

piedra o ladrillo, ofreciendo mayor solidez ante la fuerza del viento, mientras que la estructura de madera de los molinos de poste, presentaba menor solidez ante la fuerza del viento.

Las aspas de los molinos de viento eran originalmente lonas fijadas sobre armazones; su giro, podía controlarse disminuyendo la longitud de las aspas y cambiando el ángulo de sujeción. El eje que portaba las aspas estaba por lo general inclinado hacia arriba con un ángulo de 5 a 10 grados con respecto a la horizontal, para impedir que las puntas de las aspas chocaran con la estructura del molino; en cuanto al número de aspas, éste era variable, siendo lo normal cuatro o seis aspas, sin embargo, llegaron a usarse hasta dieciséis. Los primeros molinos de viento se emplearon como la rueda hidráulica, para moler grano; sin embargo, a partir del siglo XV d.C. (1400 - 1499 d.C.), su uso más importante se convertiría en el bombeo de agua. Así, solo en el distrito holandés de Zaan, existían más de 900 molinos antes de la aparición de la máquina de vapor; las Provincias Unidas, llegaron a tener en total, 8000 molinos de viento. Su aplicación se extendió después a otros usos como: mecanismos auxiliares para la extracción de materiales en las minas y la impulsión de sierras mecánicas (la primera aparecida en Holanda en 1592).

Una de las limitaciones que presentó el molino de viento, al igual que la rueda hidráulica, fue el hecho de tener que utilizar en el mismo sitio de su ubicación, la potencia que generaba; no obstante, se dieron intentos por diseñar sistemas para transmitir su potencia de un punto a otro en distancias considerables. Sin embargo, se presentaron pérdidas de energía muy altas. Puede conocerse aproximadamente, la potencia que generaban los molinos de viento. Así, un molino holandés del siglo XVIII d.C. (1700 - 1799 d.C.), con un diámetro de aspas de 30 metros, generaba probablemente 10 CV con un viento de 32 kilómetros por hora; los molinos más pequeños, con un diámetro de aspas de 7 metros, producía alrededor de 5 CV. Cálculos teóricos demuestran que el molino de viento no podía generar una potencia más allá de 30 CV.

Es importante hacer notar que los técnicos que construían los molinos de viento, trabajaban sin ningún cálculo científico; de hecho, la primera descripción técnica completa aparecería en la segunda edición de un tratado de carpintería francés editado en 1702, mientras que el diseño de las aspas sería investigado científicamente por Smeaton hasta el año de 1759. No obstante, podemos afirmar que los constructores de molinos de viento, que no utilizaban más equipo que un gato de palanca para grandes pesos y un aparejo de poleas, se convertirían en los antecesores del moderno ingeniero mecánico.

La introducción de los molinos de viento como fuente general de energía para la industria no fue siempre fácil, ya que traían consigo el miedo al desempleo por parte de los trabajadores; por ejemplo, la instalación de un molino de viento en una serrería en Limehouse, provocó que ésta fuera destruida por la muchedumbre en 1768.

# CAPITULO II: DE LA EDAD MEDIA A LA EDAD MODERNA (476 d.C - 1750 d.C.)

## 1. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE ALIMENTOS

### LA AGRICULTURA.

En la Edad Media (476 d.C.-1500 d.C.) eran comunes los rastrillos de madera (instrumento para picar la tierra), y ya desde la era romana, existían palas de madera con un regatón (pieza generalmente de metal que se incrusta en la punta de un instrumento para darle firmeza), así como picos y horcas de hierro. Una consecuencia aún más importante del uso del hierro, fue la aparición de una hoz equilibrada y de una guadaña de mango corto, que posteriormente se transformó hacia el siglo XII (1100 d.C.-1199 d.C.) en una guadaña con mango actual.

En Europa, los últimos años del siglo XVII (1600 - 1699 d.C.), fueron testigos de grandes inversiones en las granjas y haciendas; esto abrió el camino para el trabajo de innovadores como: Jethro Tull, Charles Townsend y Robert Bakewell, quienes introdujeron técnicas perfeccionadas. Jethro Tull, inventó en 1701, una sembradora para introducir las semillas en los surcos del terreno; esto no solo dio resultados muy superiores a los de la tradicional siembra por volteo, sino a los de métodos comunes, que consistían en dejar caer las semillas en agujeros hechos uno a uno por medio de una pica la punta metálica. El caballo que tiraba de la sembradora, también lo hacía de una grada que iba por detrás y que cubría a las semillas que caían.

En cuanto a la herramienta asociada a las mejoras en la agricultura a lo largo del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C), ocupa el lugar principal el carro de dos y tres toneladas en sus dos versiones: el carro de caja profunda usado en toda Europa y el gran carro usado en Inglaterra; éstos se usaban en las grandes granjas y habían desarrollado modelos estándar para acoplar a los caballos; su elemento esencial era la collera que fue tornándose más ligera y mejor ajustada al tórax del caballo, funcionando mejor ante las irregularidades del terreno.

### LA PREPARACION DE LOS ALIMENTOS.

El viñedo como muchas cosas buenas de la vida, experimentó una lenta recuperación a partir de la Alta Edad Media (476 d.C - 965 d.C) y a falta de miel, el mosto de uva fue muy apreciado como edulcorante. La vitivinicultura fue promocionada por los grandes monasterios ante el deseo de tener vino para el ritual religioso.

Sólo una breve mención sobre las bebidas fermentadas; éstas fueron práctica corriente en los primeros imperios: los sumerios, por ejemplo, contaban con diecinueve tipos de cerveza; los griegos y los romanos la consideraron una bebida bárbara. Los germanos fueron quienes

introdujeron el tipo de cerveza actual hacia el siglo XIII d.C. (1200 d.C. - 1299 d.C.). Hasta la introducción de la cerveza oscura a principios del siglo XVIII (1700 d.C. - 1799 d.C.), no existió ninguna innovación importante en la elaboración de esta bebida. La sidra de pera y de manzana se difundió en Normandía e Inglaterra en el siglo XIII (1200 d.C. - 1299 d.C.) proporcionando a sus regiones, una bebida que no mermaba las reservas de grano. Durante la Peste Negra en 1348 d.C., los médicos recetaban bebidas alcohólicas fuertes, quizá más por razones psicológicas que puramente físicas. De esta manera, surgió la destilación de nuevas bebidas como la ginebra a partir de la nebrina, el brandy a partir del vino y del *aqua vitae* (agua de la vida) o aguardiente, mucho más barato.

En cuanto a las herramientas de cocina, diremos que el siglo XVI (1500 - 1599 d.C.) conoció la implantación del uso de la cuchara; para el siglo XVII (1600 - 1699 d.C.) sería común el uso del tenedor de tres y cuatro púas para llevarse la comida a la boca, pues el tipo medieval de dos púas usado en la Edad Media, se empleó principalmente para servir; el beber en vaso, llegó a ser común entre las clases acomodadas hacia el año 1650.

## LA PESCA.

Hacia el siglo XII (1200 d.C - 1299 d.C.), el crecimiento de las ciudades, superior a su capacidad de abastecimiento local, tornó imperiosa la necesidad de importar alimentos económicos y fácilmente transportables. La solución fue la captura a gran escala de arenque y bacalao. En 1416 se introdujeron las redes de arrastre, de 90 a 100 metros de longitud; la red parecía una enorme cortina, y el diámetro de sus mallas era tal, que los peces quedaban atrapados por las agallas cuando intentaban escapar a través de ella.

## 2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO

### LA ALFARERIA.

En la Edad Media (476 d.C. - 1500 d.C.), la alfarería observó cambios en el diseño de las piezas como, por ejemplo, la base convexa de las vasijas, que se conseguía trabajando el interior de la arcilla con la mano; esto resultaba en una base más fuerte y resistente a los cambios de temperatura. Otro cambio fue el cuello tubular de las vasijas, que se lograba enrollando una tira de arcilla alrededor de un dedo o un palo, que también se usaba para hacer el agujero al que debía ajustarse. Es importante mencionar que una cantidad importante de ornamentos muy complicados, se modelaban sobre las vasijas sin la ayuda de la rueda de alfarero; incluso, existió un aparato para modelar tapones de rosca para las botellas. Sin embargo, el único avance original y de importancia en la Europa medieval fue el surgimiento de la gres (pasta refractaria de arcilla, inatacable a los agentes químicos). La gres requiere de una arcilla plástica y fina, así como de un horno que pueda alcanzar temperaturas cercanas a los 1250°C; se obtenía así, una vitrificación parcial y una vasija no porosa sin la necesidad de esmalte.

### LOS TEXTILES.

Durante la Edad Media (476 d.C. - 1500 d.C.), se incrementó mucho el uso de la lana. Para el siglo XV (1400 d.C. - 1499 d.C.), existían 51 clases de lana inglesa, con una producción anual, en los mejores años, de hasta 150 000 paños de lana de 25 metros cada uno, que se obtenían de un volumen bruto de siete millones de kilos. La lana requería ser lavada, secada, batida y aceitada antes de que sus fibras fueran desenredadas para ser hiladas. Surgieron tres inventos asociados con la industria textil de la lana; el torno de hilar, el telar horizontal y el batán (máquina de mazos para golpear paños). Al operar un torno de hilar, la mano derecha hacía girar la rueda, que estaba conectada con el huso por medio de una correa y una polea; mientras el huso giraba, el hilo que salía por el extremo se recogía con la mano izquierda. Según Adam Smith, el torno de hilar, con su continuo movimiento de rotación, duplicaba la productividad del trabajo. Por otro lado, el telar horizontal constituyó una comodidad para el tejedor más que un cambio técnico. Por último, el batán se empleaba para hacer la tela más compacta por medio de impactos, produciendo en la lana el acabado de un fieltro.

En cuanto a la seda, diremos que, en condiciones favorables, medio kilo de gusanos de seda producían alrededor de seis kilos de seda al año. La hebra que se desprendía de los capullos era extremadamente delgada. De cada medio kilo de seda, surgían de tres a ocho hilos. Después, se unían tres o cuatro de estos hilos para conseguir un segundo hilo de mayor firmeza que devanaba en una bobina. En Italia surgieron las primeras factorías con molinos para torcer la seda, accionados por ruedas hidráulicas. Su aparición es un hito importante en la historia industrial, ya que se requerían tan sólo dos o tres operarios para manejar cientos de husos que realizaban el trabajo que anteriormente hacían varios cientos de torcedores de seda. Sin embargo, el molino de seda no conoció ninguna mejora sustancial hasta el siglo XIX (1800 - 1899 d.C.).



Los textiles experimentaron avances de la mayor importancia entre los años 1500 y 1750 d.C.; por ejemplo, en la industria del lino, en la cual existían dos procesos preliminares: primero, sumergir en agua el tallo leñoso del lino y segundo, separar la fibra del tallo. Los intentos por separarlos mecánicamente comenzaron en el año 1664 d.C., hacia principios del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.); se usaban rodillos movidos por fuerza hidráulica para lograr la separación de la fibra y el tallo, mediante una serie de dientes sobre una rueda también movida por energía hidráulica.

En el proceso de hilado, el único cambio importante, fue la introducción de la cárcola o pedal del telar, surgido al parecer en Inglaterra o Brunswick (Alemania) en las primeras décadas del siglo XVI (1500 - 1599 d.C.), que permitía dar vueltas a la rueda de hilar mediante un mecanismo que incluía una cuerda, una biela y una manivela. Posteriormente, en 1738, Lewis Paul y John Wyatt patentaron un prototipo de hiladora; en ésta, el hilo debía pasar a través de varios pares de rodillos, cada uno de los cuales, rodaba a mayor velocidad que su par predecesor; uno de los pares, imprimía una torsión al hilo terminando su acabado. Se realizaron intentos por mover esta máquina mediante tracción animal y rueda hidráulica, sin embargo, fracasaron.

En cuanto al proceso de tejido, se consagró especial atención al telar de estiraje, que permitía producir toda clase de tejidos labrados, mediante la variación del número y posición de los hilos, que al subir, permitían el paso de la trama, que cruzaba perpendicularmente a lo ancho de los hilos para formar el tejido; esto se logró con la introducción de una arcada colgada sobre el telar, que cruzaba a lo ancho del tejido en la misma dirección de la trama y que permitía separar los hilos que formarían la cara inferior del tejido de los que formarían la cara superior. El dispositivo se accionaba al jalar unas cuerdas que estaban unidas a la arcada. La primera mejora en el telar de estiraje, apareció hacia el año 1600 d.C. gracias a un tejedor francés llamado Claude Dagon, que introdujo dos cambios en el telar: primero, las cuerdas de la arcada se colocaron a un lado del telar, permitiendo su operación sin necesidad de estar en las alturas; segundo, introdujo una pañanca que permitió levantar los contrapesos de la urdidumbre con mayor facilidad. Es importante mencionar también, que el número de hilos que podían levantarse simultáneamente para permitir el paso de la trama aumentó hasta 2400.

Entretanto, surgieron dos inventos de gran importancia para el futuro: las agujas de punto con forma de gancho y el telar para géneros de punto, inventado por el clérigo inglés William Lee en 1589. En este telar, se manipulaban una serie de ganchillos móviles, para llevar la punta de los hilos hasta otra serie de ganchillos fijos; sin embargo, su invento fue desalentado por Isabel I y Jacobo I de Inglaterra, ante el temor de que produjera desempleo.

Apareció también otro tipo de telar, como el telar de cintería inventado por Danzig alrededor del año 1616, que no requería mayor habilidad que la manipulación de una barra y que producía media docena de telas de poca anchura a la vez.

Finalmente, se inventó la lanzadera volante, patentada el 26 de mayo de 1733 por el tejedor inglés John Kay; ésta, permitía al tejedor permanecer sentado y pasar la lanzadera en ambas direcciones y a todo lo ancho de tejidos de mayor envergadura que la de sus propios brazos abiertos. La máquina se operaba tirando alternativamente de los extremos de una cuerda de cuero, a la cual estaban fijados dos tacos que se deslizaban sobre una espada de metal y que golpeaban la lanzadera que corría sobre ruedas. Un tejedor podía con este sistema, hacer el trabajo que anteriormente hacían dos, además de trabajar por primera vez, en una saludable posición vertical.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DE LA MADERA.

Se sabe poco de la producción de bienes domésticos en la Edad Media (476 d.C. - 1500 d.C.). Tan sólo en Italia sobrevivió la técnica y el arte de la ebanistería; existe un escritorio en el museo del Vaticano, provisto de pequeñas gavetas, que ya aparecía en un inventario del siglo VIII (700 d.C. - 799 d.C.). De hecho, el ebanista no apareció en Inglaterra sino hasta el siglo XIII (1200 d.C. - 1299 d.C.), cuando reaparecieron los cepillos. El uso de la técnica de ensamblaje en los muebles redujo el trabajo invertido al tallar las piezas para darles una forma particular, que igualmente se lograba con el ensamblaje. Para realizarlo, se emplearon herramientas como la gubia (instrumento sacabocados que permite obtener cortes de forma circular), aunque la mayor parte del trabajo se realizaba con la cuchilla de devastar de doble mango, que permitía sujetarla por sus dos extremos con ambas manos.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DEL CUERO.

Durante la Edad Media (476 d.C - 1500 d.C), el trabajo del cuero no sufrió cambios. Se siguió empleando para la fabricación de prendas de vestir, recipientes y jarros, bolsas y objetos de viaje, así como calzado. Un nuevo uso lo constituyó la encuadernación de libros debido al surgimiento de la imprenta. A los monasterios debemos los mejores ejemplos al respecto. Se empleaban plantillas de metal con el fin de reproducir los dibujos con más facilidad. Para el año 1600, la encuadernación llegaba a su máximo esplendor con la técnica del sobredorado en las portadas y en el canto de los libros. Primero, se marcaba el cuero y luego la hoja de oro con un hierro al rojo vivo; después, el sobrante se cepillaba y se recogía cuidadosamente. La talabartería fue uno de los oficios relacionados con el trabajo del cuero, de fundamental importancia para la sociedad hasta el siglo XIX (1800 d.C. - 1899 d.C.).

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DEL VIDRIO.

La vidriería en la Edad Media (476 d.C. - 1500 d.C.), como el resto de la producción de bienes domésticos, sufre de serias lagunas en cuanto a la información que tenemos. Sin embargo, sabemos que en pleno siglo XII las ventanas de las iglesias inglesas no contaban siempre con cristales. Incluso, en los últimos años de la Edad Media (hasta el año 1500 d.C.), sólo las ventanas de las casas de la gente con más poder, tenían tal protección.

Para las iglesias, el vidrio se obtenía hendiendo y aplanando con un hierro al rojo vivo, un grueso cilindro de vidrio soplado, extendiéndolo en un horno. Para las casas, el vidrio se elaboraba por el simple sistema de girar con rapidez un globo hueco de vidrio fundido, hasta que la fuerza centrífuga provocara que se abriera súbitamente, adquiriendo la forma de una lámina plana de contorno circular con una marca (corona), que se convertiría en una marca distintiva de esta técnica, provocada por el puntel al que se incrustaba el globo de vidrio original.

En 1615, una proclama que trató de economizar madera mediante la prohibición de su uso en los hornos para objetos de vidrio, provocó el surgimiento de un nuevo método para su fabricación en Inglaterra y la aparición de los hornos de carbón, provistos con una parrilla de hierro y que permitieron alcanzar mayores temperaturas que los anteriores hornos de madera.

Posteriormente, las demandas comerciales de finales del siglo XVII (1600 - 1699 d.C.) exigían el suministro de grandes láminas de vidrio pulimentado, que sólo podían fabricarse por colada. Este método, a pesar de ser conocido por vidrieros venecianos, fue establecido por primera vez por vidrieros normandos bajo patrocinio real; para ello, se introducían cerca de 1000 kilos de vidrio por pisos, en un crisol tan grande como un tonel de 260 litros de capacidad, calentándolo hasta eliminar cualquier burbuja; después, se vaciaba sobre un molde que contaba con guías móviles para definir el tamaño de la lámina; tras ser templada durante unos diez días, la superficie se esmerilaba con una hoja de cristal más pequeña y se pulía con un la ayuda de un cartón cubierto de fieltro y un rodillo.

El surgimiento de instrumentos de topografía y navegación dio mayor importancia a la fabricación de espejos, los cuales ya se empleaban para decoración; en ellos, la superficie reflejante necesaria detrás del cristal - transparente y pulido - se lograba cubriéndolo con hojas de estaño y después, vertiendo mercurio, formando así, una amalgama; tras varios días, el exceso de mercurio se escurría y se barnizaba la película reflejante para protegerla. Las lentes, al igual que los espejos, adquirieron particular importancia para la fabricación de instrumentos ópticos; las propiedades de las lentes, habían sido estudiadas ya en el siglo X (900 - 999 d.C) por el filósofo islámico Ibn al-Haytam, el cual estaba familiarizado con las lentes, espejos planos, esféricos y parabólicos. Estos conocimientos fueron conocidos en Occidente, a través de traducciones en latín de sus obras, las cuales fueron seguidas por Robert Grosseteste y Roger Bacon, quien realizó experimentos con lentes convexas para corregir los defectos de la vista, estableciendo el antecedente para la aparición de los anteojos hacia el año 1286; no obstante, su inventor permanece en el anonimato. Para comienzos del siglo XIV (1300 - 1399 d.C.), su fabricación estaba bien asentada en Venecia. Al inicio, sólo se fabricaron lentes convexas que ayudaban a las personas con vista cansada (aquellos que tienen problemas para afocar los objetos de cerca); las lentes cóncavas, necesarias para los miopes, se desarrollarían hasta dos siglos después. A partir de estas lentes, se desarrollarían otros instrumentos como el telescopio, cuyo origen es oscuro; si bien es cierto que Galileo fue el primero que lo convirtió en un instrumento científico en 1609, no hay duda de que había sido inventado previamente por los holandeses. No obstante, el microscopio compuesto tiene su origen en los trabajos de Galileo; éste y su discípulo Torricelli, hicieron avanzar mucho las técnicas de pulido a mano para lentes de superficies esféricas. Para el año 1650 ya se usaban máquinas para el pulido de las lentes; sin embargo, las superficies paraboloides, descubiertas por Descartes en 1637 como la solución para evitar la aberración esférica en las lentes (aquellas que no ofrecen una imagen rectilínea), no se lograron sino hasta el siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.).

### 3. LA TECNOLOGIA PARA EL LABRADO DE LOS METALES

Por un afortunado azar, las técnicas de la minería vigentes en la Alta Edad Media fueron registradas cuidadosamente por un observador, Georg Bauer, médico sajón que estudió en Italia; sus doce libros de *De re metallica*, publicados en 1556, son una guía exacta de los sistemas utilizados. Bauer cuenta que el área de los pozos en las minas era de tres metros por medio metro. Sus excelentes ilustraciones de los equipos, nos muestran una vagoneta que corría a través de un surco; menciona que el malacate es el medio usado para sacar el mineral fuera del pozo y que se usaban ruedas dentadas y caballos para los grandes pesos.

Parece ser que a excepción del hierro, casi se interrumpió el labrado del resto de los metales, sin embargo, ninguna época, por oscura que sea, puede ocultar la necesidad de herramientas y armas. Se desarrolló una gran destreza en la forja de espadas y en la decoración de sus empuñaduras y vainas. De los usos medievales más interesantes relacionados con los metales, se puede mencionar la construcción de órganos de iglesia con tubos de cobre o bronce. El órgano ya era conocido en el mundo antiguo; su empleo en los oficios cristianos se remontan al siglo IV d.C. (300 - 399 d.C.). San Jerónimo habla de un órgano en Jerusalén, con dos pieles de elefante como recipientes de aire y que se oía a una milla de distancia. Hacia el siglo X (900 - 999 d.C.), los órganos eran bastante comunes en Europa; existió uno en la catedral de Winchester que se dice estaba provisto de 400 tubos de bronce y 26 fuelles.

Pero los herreros medievales llegarían a ser sobre todo armeros que equiparían a los caballeros feudales con unos 50 kilos de armadura de maila. Formaban mallas soldando o remachando anillos de hierro, modelándose de manera que se cubrieran los pies y los brazos e incluso la cabeza. Hacia el siglo XIV (1300 - 1399 d.C.), la armadura de placas fue desplazando a la armadura de mallas; fue entonces cuando los herreros demostraron su destreza puliendo e incrustando, además de ingeniárselas para lograr protección donde se juntaban las placas. Por otra parte, la principal contribución del metal a las técnicas de la guerra, fue la introducción hacia el año 1370 de la ballesta de acero, arma de extraordinaria potencia que se tensaba mecánicamente y que logró su permanencia en los campos de batalla - pese a la aparición de las armas de fuego - por casi 100 años, usándose incluso para la cacería hasta los inicios del siglo XVII (1600 - 1699 d.C.). Con su aplicación a la fabricación de armas de fuego, el labrado de los metales adquirió nueva importancia al inventarse el cañón, que llegaría a ser de uso común entre los años 1325 y 1350 d.C.; al principio, el cañón fue fabricado en hierro y con dimensiones muy pequeñas - de 10 a 20 kilos de peso - pero hacia 1350 d.C., se comenzaron a fundir en bronce, cobre y latón, pudiendo pesar hasta 300 kilos. Así, la caballería feudal y los castillos medievales vieron surgir su sentencia de muerte, mientras que los modernos estados nacientes tuvieron un interés directo en el progreso de la artillería y la metalurgia.

Las formas más antiguas de fundir hierro continuaron utilizándose. Una innovación lentamente establecida entre los siglos XIII y XV (1200 - 1499 d.C.), fue la colada del hierro, posible gracias a la obtención de temperaturas más altas en los hornos y a la fabricación de hierro con mayor contenido de carbono. El hierro colado constituyó un nuevo producto que hizo valer sus cualidades con el auge de la artillería. Las herramientas de hierro, incluyendo las del agricultor, las del artesano y el soldado, continuaron fabricándose con las técnicas tradicionales; eran fabricadas en su mayoría por el herrero, que forjaba el hierro en su fragua.

Hacia el año 850 d.C., la acuñación de monedas en oro se había olvidado completamente en Europa; si bien la unidad manejada era la libra de plata, los peniques de plata eran la única moneda occidental en circulación. Debido a la tendencia a la ostentación y al orgullo comercial, los estados más ricos reiniciaron la acuñación en oro a mediados del siglo XIV (1300 - 1399 d.C.), imitando a Florencia, que había acuñado su primer florín en 1252.

A partir del año 1500 d.C. y hasta el año 1700, las técnicas metalúrgicas registran pocos cambios espectaculares. Los metales preciosos y el cobre, se siguieron usando ampliamente para la acuñación de monedas. Lo que sí ocurrió, fue que ciertos metales secundarios se hicieron más habituales, estando en este grupo: el arsénico semi-metálico, usado para fabricar espejos metálicos; el antimonio, el bismuto, usado como metal de imprenta; el plomo, usado en la fabricación de balas de cañón y en el forrado de barcos; y el estaño, usado para cubrir placas de hierro y usarlas como hojalata en Alemania y después en Francia, para fabricar envases de conservas y otros utensilios para barcos.

Se comenzaron a practicar más las aleaciones, así, la aleación de estaño y plomo se usó para soldar; la de estaño con bronce y bismuto, para lograr peltre y fabricar utensilios en moldes de arcilla que se acababan con martillo, así como también la fabricación de tipos para imprenta.

Se estableció asimismo, la fundición de zinc, finalmente descubierto como componente esencial de la calamina y necesario para la obtención del latón al alearlo con el cobre; se utilizó en Swansea hacia 1720 y en Bristol en 1740, ambas en Inglaterra, y posteriormente en Silesia (hoy parte de Polonia y Alemania) y Bélgica. Alemania y Flandes habían sido los centros más importantes de la manufactura de latón. No obstante, el libro de Birringuccio describe en 1540, una fundición de latón en Milán, capaz de fabricar 1200 objetos pequeños de latón con el mismo molde, ejemplo interesante de una primera fabricación en serie. Para fundir las grandes cantidades de metal que se requerían, se empleó a partir del siglo XVI (1500 - 1599 d.C.), un horno de reverberación en donde el calor se reflejaba en una bóveda, evitándose el contacto directo entre el combustible y el metal. Apareció asimismo, la prensa de husillo, supervisada por el francés Eloi Mestrell, que requería dos hombres para operarla y que superó al tosco sistema de fabricación por martilleo; sin embargo, su uso se abandonó en 1573 tras la ejecución de Mestrell, acusado de falsificación. No obstante, la prensa se impondría de modo general hacia el año 1650.

Por lo que respecta a la importantísima industria del hierro, ésta estaba iniciando su trascendental asociación con el carbón, la cual determinaría el curso para la revolución industrial. En primer lugar, se logró una mayor productividad y una mayor economía de combustible, al transformar al antiguo horno de la Baja Edad Media en un Alto Horno; esto requirió el aumento de la altura del horno y el incremento de las inyecciones de aire para elevar la temperatura a un punto que permitiera lograr una fundición licuada de hierro colado. El uso de ruedas hidráulicas resolvió el problema del aire y ya para el siglo XVII (1600 - 1699 d.C.), era posible trabajar con hornos de nueve metros de altura; un horno como éste, podía ser alimentado continuamente por el tragante con mineral y combustible, logrando funcionar hasta cuarenta semanas consecutivas. Sin embargo, el hierro forjado continuó siendo más utilizado que el hierro colado. La fabricación de barras y alambre de hierro, se facilitó con el uso de forjas de martinete de palanca que solían estar impulsadas por ruedas hidráulicas, así como también las hileras, los molinos de muelas horizontales y las máquinas para cortar metales.

Continuó experimentándose con el acero a pequeña escala mediante diversos procesos; uno de ellos consistía en forjar herramientas de hierro y sumergirlas en una fundición licuada de hierro colado con un alto contenido de carbono; también se aceraban barras de hierro forjado de hasta metro y medio de longitud, calentándolas con carbón vegetal durante un lapso de tiempo que oscilaba entre cinco y siete días, en un horno similar al de los panaderos.

Como todos los procesos para el trabajo de los metales requerían combustible, es fácil imaginar la importancia que adquirió el carbón; se calcula que para el año 1660, algunos distritos de Inglaterra, Escocia y Gales, producían cinco veces más carbón que el resto del mundo. Durante casi 100 años, no se produjo ningún cambio en el uso del carbón en los altos hornos, excepto por una innovación surgida en la fabricación de cerveza: se descubrió que cuando los cerveceros usaban carbón para secar la malta, se estropeaba el sabor de la cerveza debido a la presencia de sulfuro en el carbón. No obstante, los cerveceros tuvieron la idea de carbonizar el carbón para convertirlo en coque; el resultado fue la famosa cerveza de Derbyshire, cuyo proceso de preparación suponemos que despertaría el interés del fabricante de hierro que la bebiera. En 1748, Abraham Darby II comenzó a estudiar seriamente la forma de lograr un hierro adecuado para la fragua. Lo consiguió mediante una cuidadosa selección de minerales con bajo contenido de fósforo; de esta forma, se llegó a la fundición de hierro a base de coque, acontecimiento que abrió una nueva fase dentro de la metalurgia.

Un acontecimiento importante relacionado con la fabricación de instrumentos metálicos, lo constituyó la aparición de las primeras armas de fuego de mano; éstas se disparaban aplicando una mecha en un fogón situado en el cañón del arma, que encendía una pequeña cantidad de pólvora. Los cañones solían hacerse de tiras de hierro, utilizándose dos procesos: en el primero, se enrollaba una tira de hierro a lo largo de un cilindro y se soldaba por sus bordes; en el segundo, se enrollaban algunas tiras cortas formando pequeños tubos que se soldaban unos con otros. El rudimentario cañón era entonces calibrado con una broca fabricada en el extremo de una barra que se introducía gradualmente en el interior del cañón.

## 4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

### EL TRANSPORTE TERRESTRE.

Entretanto, el transporte terrestre generalizó el uso del caballo y su fuerza motriz; ésta fue la fuente de energía por excelencia en el mundo pre-industrial. Una mejora vital relacionada con el uso del caballo, consistió en el pectoral en collera rígido (collar de cuero relleno de paja) que fue introducido entre los siglos XII y XIII d.C. (1100 - 1299 d.C.) y que multiplicaba por cinco la fuerza efectiva de tracción del animal.

En cuanto a los vehículos de transporte terrestre, la carretilla fue la única innovación importante; incluso, un invento tan útil como el eje delantero giratorio, usado en el pasado por los celtas, parece haber caído en el olvido hasta su reaparición en el siglo XV d.C. (1400 - 1499 d.C.). Fue hasta entonces cuando se mejoró a la rueda, dándole forma cóncava a sus costados para lograr mayor equilibrio y mayor transmisión de la tracción del caballo. Sin embargo, las velocidades alcanzadas continuaron siendo bajas: cuando en 1375 se efectuó el rescate del rey de Escocia, se le llevó a Londres a toda prisa, logrando viajar a una velocidad máxima de 58 km por día.

Posteriormente, surgió el carro de caballos, probablemente originado en Hungría y de gran importancia para la clase aristocrática de la sociedad, introducido en Inglaterra en 1564 por un holandés que llegó a ser cochero de Isabel I; éste, fue desde un principio menos molesto para el viajero que la galera cubierta de la Edad Media, gracias a la suspensión en correas de la caja para pasajeros; tenía además, un eje delantero giratorio suspendido en un pivote, lo cual facilitaba los cambios de dirección.

Es evidente que el desarrollo de las carreteras y el de los vehículos, están íntimamente relacionados entre sí. A partir de 1665, la aspereza de los caminos para el viajero de coche, fue mitigada con la introducción de las primeras ballestas, las cuales sostenían la caja del coche sobre tiras en forma de C y estaban fabricadas de acero templado; comenzaron también a hacer su aparición, vehículos de dos ruedas más ligeros.

### EL TRANSPORTE MARITIMO.

El primer avance tecnológico aparecido en este período, surgió de las empresas de guerra y la constituyó el afamado barco vikingo, aparecido alrededor del año 800 d.C. Sobrevive un ejemplar de esta especie, el llamado Gokstad, que ha sido restaurado. El barco cuenta con una verdadera quilla (eje que va por debajo y a todo lo largo del barco), un remo único de gobierno con empuñadura en el timón, roda (extremo delantero del barco) y codaste (extremo trasero del barco) proyectados en cerrado ángulo, dieciséis horadaciones para los remos en cada costado y vela cuadrada en un mástil único al centro del barco; esta nave entonces prodigiosa, permitió mucha mayor precisión y facilidad de viraje en la navegación.

Es importante mencionar algo con respecto a la navegación y es el hecho de que la brújula comenzaba a ser corriente por entonces; parece haberse originado a partir del año 900 d.C.

Originalmente, la aguja fluctuaba sobre paja, proporcionando una tosca indicación de la dirección, pero hacia 1269 a más tardar, comenzó a montarse sobre un eje, cuando aparecieron mapas de navegación para el Mediterráneo y para el Mar Negro. Fue alrededor del año 1450, después de un largo período de declive en el comercio marítimo, que surgió el barco aparejado de fragata y que se convertiría en el primer barco apto para los grandes viajes que permitirían los descubrimientos geográficos, incluido el de América y el resurgimiento del comercio marítimo - desde ese momento intercontinental. Estos barcos, verían su desarrollo y perfeccionamiento, a partir del surgimiento de la carraca o barco moderno de vela en 1466, mostrada en un sello francés; contaba con tres o cuatro mástiles, todos ellos con grandes velas cuadradas; tenía el timón en la parte posterior, cuyo eje pasaba por el interior del casco, contaba con una cubierta (tarima que conforma un cambio en el nivel del suelo) en la parte delantera y hasta con dos en la parte trasera. Hacia el año 1500, los barcos de 600 toneladas empezaban a ser comunes, y como ejemplo extremo existía la carraca de Enrique VIII, un barco de 1500 toneladas con 900 hombres a bordo. El buque aparejado de fragata como el descrito anteriormente, era en ése momento el barco *par excellence*, de hecho, en 1546, una lista de la armada de Enrique VIII define la palabra barco como carraca.

A partir de año 1600, los barcos prefirieron líneas más largas en la longitud del barco y más cortas en su altura; se hizo común la cubierta rasa sin superestructuras y la aparición de ventanillas en la proa o parte delantera del barco; cocinas a bordo y otras sofisticaciones similares llegaron a ser rasgos distintivos en los barcos de ese tiempo, pero la principal innovación fue el tamaño de los mástiles y la envergadura de las velas. Un barco de guerra, construido con estas características, requería de la tala de unos 2000 robles o 20 hectáreas de bosque, que no volverían a producir durante un siglo. Estos barcos se diseñaban cuidadosamente en una gran sala - llamada de gálibos - y en cuyo suelo podían obtenerse a tamaño natural, las secciones del barco dibujadas a escala en las cuadernas del maestro constructor; éste, hacía los dibujos originales a escala 1:50 y después, cada curva de la cuaderna era trasladada en su tamaño natural al suelo de la gran sala de gálibos, mediante grandes compases llamados *sweeps*. Es importante hacer notar que todos estos diseños, eran enteramente empíricos, basándose generalmente en la cuaderna maestra de algún barco con notable éxito, construido anteriormente.

Los barcos del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.), los conocemos en muchos casos por los planos que subsisten. La rueda de timón se introdujo hacia el año 1705 y es interesante el hecho de que el barco grande se estaba estandarizando fuertemente en su diseño.



## 5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO

### EL RELOJ.

Los primeros relojes, contaron con una sola manecilla para indicar la hora; pronto se hizo común una segunda manecilla, primero para indicar los cuartos de hora, y después los minutos. Hacia el año 1550, se experimentaba con los segundos, lográndose su generalización después de la aplicación del principio del péndulo, el cual establece que el tiempo de oscilación de un péndulo, es independiente a la amplitud de su oscilación. El péndulo fue descubierto por Galileo en 1581; sin embargo, no parece haber realizado ningún intento por aplicarlo a los relojes hasta 1641, cuando dio instrucciones a su hijo Vincenzo para que construyera un reloj que incorporase un péndulo y un escape de rueda de espigas que había diseñado previamente. No obstante, el reloj no fue terminado sino hasta la muerte de ambos. El principio del péndulo sería desarrollado por Huygens, al descubrir que el tiempo de oscilación no es enteramente independiente de su amplitud, al diseñar una corrección mecánica para un viejo mecanismo de rueda catalina. Salomon da Coster, relojero asistente de Huygens, fabricó en La Haya, muchos relojes con este principio para comercializarlos. Huygens publicó en 1673, su tratado sobre relojes, el *Horologium oscillatorium*; sin embargo, transcurriría más de un siglo a partir de la aparición del invento de Galileo, para que el escape de rueda catalina cayera en desuso al surgir el escape de áncora, inventado por William Clement en 1670 y que sería mejorado por George Graham hacia el año 1715, convirtiéndose en el escape más usado hasta casi el final del siglo XIX (1800 - 1899 d.C.). El escape de áncora producía mucha menos variación en la oscilación del péndulo, que aquella producida por la rueda catalina, llegando muy cerca de la consecución del péndulo ideal de libre oscilación. Huygens trató de obviar esto mecánicamente, mientras que otros relojeros, optaron por alargar el péndulo y hacerlo oscilar con un arco más pequeño; de aquí surgiría el popular reloj de caja larga, con un péndulo de un metro y un período de oscilación de un segundo. La aparición de relojes de mayor precisión estimuló el interés por los relojes de bolsillo. Anteriormente, habían aparecido relojes portátiles hacia el año 1450, conocidos como "Huevos de Nuremberg" por su forma y procedencia, siendo que el primero de estos relojes se fabricó en Milán. Para el reloj de bolsillo, el péndulo era inoperante, por tanto, se requería otro tipo de oscilador isócrono. En 1675, Huygens introdujo la espiral de volante y para 1704, mejoró mucho la precisión de los mecanismos más pequeños de relojería, al introducirles ejes hechos con piedras preciosas, tales como rubíes y zafiros. El escape de cilindro, inventado por George Graham en 1721, permitió encerrar el mecanismo de los relojes de bolsillo en cajas más delgadas y para 1755, el escape de palanca inventado por Thomas Mudge caería en el olvido, para surgir nuevamente un siglo después en los más finos relojes de bolsillo.

### LA IMPRENTA.

Para el año 1500 d.C. ya se habían registrado cerca de 40 000 ediciones de libros; aunque más de dos tercios provenían de Italia y Alemania, otros doce países europeos ya habían adoptado la técnica de impresión. En los siguientes 250 años, el progreso de la imprenta fue mucho más lento; se calcula que todas las mejoras que aparecieron en ese lapso no incrementaron la velocidad

del proceso en más de tres o cuatro veces. Lo más sorprendente es que la calidad media de la imprenta en 1700, estaba muy por debajo del mejor trabajo producido en Maguncia en los inicios.

Dentro de las mejoras aparecidas durante el siglo XVI (1500 - 1600 d.C.) podemos mencionar las siguientes: se convirtió en práctica normal realizar la matriz de los tipos en cobre, mediante un punzón de acero, logrando un molde más exacto y por consecuencia, tipos más exactos; se comenzó a utilizar una aleación de plomo y antimonio para la fundición de los tipos, muy similar a la empleada hoy en día, estandarizándose la producción de éstos a partir de 1600.

La prensa para imprimir experimentó diversas mejoras al hacerse mover por ralles la platina con los tipos y al introducir "la cárcel", que consistía en un bloque de madera hueco a través del cual pasaba el husillo de la prensa, evitando el peligro de mover la placa al momento de imprimir; la platina terminó siendo fabricada en piedra, consiguiendo al pulirla, una superficie mucho más lisa.

## **6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA.**

**Este período no observó el surgimiento de nuevas fuentes de energía, por el contrario, se continuaron utilizando ampliamente y sin modificaciones, tanto la rueda hidráulica como el molino de viento, extensamente descritos en el primer capítulo.**

## CAPITULO III: LA REVOLUCION INDUSTRIAL Y EL SIGLO XIX. (DE 1750 D.C. A 1900 D.C.)

### 1. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE ALIMENTOS.

#### LA AGRICULTURA.

Procedente de los Países Bajos llegó a Inglaterra y Escocia alrededor del año 1767, un pequeño arado que requería menos animales de tiro y cuya característica distintiva era un armazón triangular; presentaba también una vertedera curva, cubierta parcialmente con una placa de hierro. Posteriormente, Robert Ransome completó el desarrollo de un arado hecho totalmente de hierro. En 1789, puso en uso la reja de hierro para el arado con piezas estandarizadas fácilmente recambiables. La extensión de las áreas de cultivo trajo consigo, el uso de armaduras de hierro también para las gradas y la introducción de un componente más pesado llamado cultivador, que podía ser montado sobre ruedas y que tenía fuertes dientes curvos que penetraban profundamente en el terreno. El rodillo de hierro colado construido en dos o más secciones para facilitar su giro, empezó a usarse también en este período, aunque hasta la aparición del desterronador de discos aserrados de Crosskill en 1841, no se demostró contundentemente la superioridad del hierro colado sobre la madera o la piedra para estos menesteres.

Se puede mencionar asimismo, la aparición de la podadora de césped, que el mismo Ransome comenzó a fabricar en 1832 a partir de su invención por Edwin Budding. El progreso no fue uniforme ya que aún en 1850 existían todavía muchos arados de madera, época en la que John Deere estaba introduciendo en las praderas norteamericanas las vertederas de acero, a las que no se adhiere la tierra húmeda; fue éste un período en el que el pequeño agricultor no podía hacer más que contemplar, y quizá envidiar secretamente, el equipo de su vecino más acaudalado; la tecnología y el poder económico comenzaban a vincularse de manera decisiva. Para 1782, la sembradora de Jethro Tull, dada a conocer por su libro en 1731, había sido mejorada con la introducción de engranes para la maquinaria de distribución; esta sembradora, concebida para la distribución de pequeñas semillas, fue adaptada con éxito a la de semillas más grandes y después a la de abono y fertilizantes. De igual modo, la binadora encargada de hacer el surco en el terreno, se convirtió en una máquina capaz de producir varios surcos a la vez. Sin embargo, la sembradora, con la que virtualmente comenzó la racionalización y mecanización de los procesos agrícolas, se mencionaba aún en 1851 en la *Cyclopedia of Agriculture* de Norton, como un instrumento que progresaba firmemente.

Debido a que la recolección era una operación que requería de mayor mano de obra, es sorprendente que las segadoras inventadas en Gran Bretaña y Norteamérica a partir de 1780, no se impusieran hasta medio siglo después. Patrick Bell, un presbiteriano escocés, ganó un premio de la Highland and Agricultural Society por la invención de una máquina jalada por caballos y de apariencia engorrosa, que en un principio utilizaba tijeras en vez del moderno principio de cuchillo y sierra horizontal; esta segadora ganó popularidad al ser fabricada en la década de 1850 por

Crosskill, con el nombre de segadora de Beverley. Mientras tanto, el norteamericano Obed Hussey había inventado en 1833, una máquina más práctica para ser arrastrada; sin embargo, sería substituida gradualmente por la máquina de Cyrus McCormick, que realizó una serie de mejoras sobre su patente original de 1834, estableciendo una fábrica en Chicago en 1848 que producía 4000 máquinas al año. A partir de 1858, comenzaría a competir con la máquina de McCormick, la cosechadora de March, dotada de un vertedor por el que la mies cortada caía sobre una mesa, lista para ser atada. Para 1878, J.F. Appleby hizo un invento suplementario de importancia crucial: una agavilladora - atadora, que utilizaba ovillos de cáñamo de manila y cordel de sisal, que trabajaba ocho veces más rápido que las atadoras de alambre existentes, sin dejar fragmentos que se introdujesen entre la maquinaria y las gargantas del ganado. En el mismo período, se inventaron máquinas cultivadoras de varios tipos, tal como la de Lister para maíz, que araba, sembraba y cubría simultáneamente; comenzaron a utilizarse tractores movidos por vapor, al igual que grandes trilladoras; finalmente, aparecieron máquinas combinadas, que llevaban a cabo en un día el proceso de segar 12 hectáreas de trigo y realizar todas las operaciones necesarias hasta lograr que el grano quedase empacado en sacos. En cuanto a las herramientas para el trabajo del grano posterior a la siega, Andrew Meikle inventó en 1784, una máquina para separar el grano del cascabillo y de la paja, que funcionaba al hacerse rotar un tambor dentro de una lámina curva, dispuesta como un guardabarros sobre una rueda pero con un huelgo muy pequeño; el grano se introducía entre el tambor y la lámina, de modo que el cascabillo se desprendía por frotación. Este tipo de máquina comenzó muy pronto a ser utilizada, especialmente en Escocia y en el norte de Inglaterra, utilizándose a menudo la fuerza motriz de los caballos aunque posteriormente, Ransome ganara en 1842, un premio de la Royal Agricultural Society al aplicar las máquinas de vapor para lograr el movimiento de tracción. Se inventó asimismo un aventador mecánico para el proceso ulterior de separar el grano de la paja por medio de un ventilador y de una serie de tamices, que se hacía girar mediante una manivela situada fuera de la caja por donde se hacía pasar el grano; este aventador mecánico abrió el camino para la aparición de una máquina más complicada que combinaba instrumentos para trillar y limpiar junto con tamices para clasificar el grano; al final del siglo XIX, estos aparatos solían ser mecánicos y se trasladaban de granja en granja mediante su propia energía de vapor, siendo propiedad de contratistas que los rentaban. Para 1899, la producción anual de maquinaria agrícola en los Estados Unidos, ascendía a 101 millones de dólares, frente a los 7 millones de cincuenta años antes.

## LA PESCA.

Un avance del siglo XIX (1800 - 1899 d.C.), fue lograr que mientras el crecimiento de las ciudades y las industrias hacía que el pescado de agua dulce fuese un exquisito manjar más caro de lo que nunca había sido, el pescado marino en excelentes condiciones llegara a ser mayormente accesible. Son tres los factores que lo permitieron: primero, la mayor eficiencia de los barcos de pesca, que al aumentar su tamaño, permitieron llevar un tanque de agua marina que servía para mantener viva la pesca hasta por una semana; segundo, la aparición del ferrocarril, que conectaba rápidamente los puertos pesqueros con los mercados de las grandes ciudades; tercero, la utilización del hielo en el transporte de pescado, que ya había sido empleado antes del año 1800 para algunos comercios de lujo, como el envío de salmón escocés a Londres por tren, al mismo tiempo, el hielo permitió la conservación de la pesca por más tiempo en alta mar; hacia el año 1900, existía un abastecimiento abundante de hielo hecho en factorías.

La pesca de la ballena había sufrido una transformación espectacular; una vez cazada, se arrancaba la grasa de la ballena muerta mientras flotaba a un costado del barco, se desmenuzaba y se hervía en calderos que se instalaban en la cubierta sobre bases de ladrillos, utilizando como combustible los despojos de aceite; el aceite resultante se guardaba en barriles y se enviaba a la base de operaciones por medio de cargueros. La cacería de la ballena se efectuaba al arrojar sobre ella un arpón atado a una cuerda; cuando el animal estaba exhausto por el arrastre y la herida, se tiraba de la cuerda del arpón para acercarlo al barco y se le mataba por medio de largas lanzas. Fue un noruego, Svend Foyn, quien hacia 1860 puso en uso el ballenero y el cañón lanza arpones. El ballenero es un pequeño barco de vapor suficientemente rápido como para acercarse a cualquier ballena; el cañón disparaba un arpón dentado muy pesado y atado a una cuerda de 700 metros, cuya cabeza tenía una carga destinada a explotar después de entrar en el cuerpo de la ballena, este arpón podía matar directamente a la ballena, sin embargo, su objetivo era hacer que los dientes se incrustaran dentro de la carne impidiendo que la cuerda se soltase. En las primeras aventuras para la cacería de ballenas en Noruega, se arrastraba al animal muerto hasta el puerto. Con la aparición del ballenero, se instaló en el barco un sistema de poleas y resortes para resistir la tensión si el animal herido tiraba de la cuerda, así como una cabría de vapor para elevar la ballena muerta que quedaba en el fondo, de modo que se pudiera inflar con el aire de una manguera antes de arrastrarla a la estación costera más cercana para extraer el aceite y el espermaceti, un material excelente para la fabricación de velas.

## LA PREPARACION DE LOS ALIMENTOS.

Se siguió triturando el grano con molinos movidos por agua o por viento y el pan todavía se cocía en el hogar; el abastecimiento de carne se lograba aún con transporte a pie; la mejor leche en las grandes ciudades era la que producían los vaqueros en el campo; en cuanto a las conservas en lata, su uso seguía siendo confinado a las expediciones navales.

El gusto popular fue un factor determinante en el abandono de la antigua harina molida con piedra, aunque también influyó mucho el hecho de que se conservaba con dificultad, debido a que su alto contenido de aceite provocaba que la harina se pusiera rancia. La tradicional molienda con discos de piedra giratorios, cedió el paso a la molienda con rodillos, mediante este proceso introducido en Hungría en 1840, se hacía pasar el grano a través de una serie de pares de rodillos lisos, obteniendo hasta seis calidades distintas de harina del mismo trigo; la harina obtenida producía un pan mas suave y esponjado, rendía más al absorber más agua y se conservaba con mayor facilidad; además, se ajustaba perfectamente a las necesidades de los grandes hornos de panadería, que empleaban maquinaria para amasar y que comenzarían a ser calentados por vapor a partir de 1850.

En cuanto a la leche, surgió el convoy lechero, en parte gracias a la aparición de un refrigerador de agua en la granja de origen así como al uso de grandes cisternas de lámina de acero estañado que permitieron su transporte desde la granja a la central de reparto. Las botellas de vidrio comenzaron a aparecer hacia el año 1900, pero sólo para la leche que había sido pasteurizada contra la tuberculosis, según el método de Louis Pasteur de esterilización al calor. En 1855, apareció en Inglaterra la leche deshidratada en polvo, adicionándole carbonato sódico antes de la evaporación y azúcar de caña después de ésta, a fin de obtener una masa que pudiera ser convertida en polvo satisfactoriamente. La fabricación de mantequilla dio un paso adelante gracias al invento por Gustav Laval en 1877 de la centrífuga para separar la nata, que permitió a

los grandes establecimientos de lácteos, economizar tanto en el trabajo de desnatar, como en el espacio ocupado por las grandes ollas de poca profundidad, donde se ponía la leche a reposar para que la nata subiera.

El azúcar como conservador tuvo su aplicación antes que apareciera la leche en polvo; una conserva doméstica de fruta preparada con azúcar, era conocida con el nombre de confitura hacia el año 1600 y posteriormente como mermelada en 1730, sin embargo, fue la depresión agrícola la que obligó a los granjeros a buscar un nuevo mercado para su fruta surgiendo así las factorías de mermelada.

Las cervecerías, al igual que las factorías de mermelada, vinieron a reemplazar lo que antaño era una actividad doméstica. Un factor importante en el surgimiento de las factorías de cerveza, fue la sustitución de los métodos puramente empíricos, por técnicas científicas que surgieron con la publicación en la década de 1860, de los estudios de Pasteur relativos a la fermentación de levadura. Hacia el año 1800, once grandes negocios de cerveza satisfacían la demanda en Inglaterra; para 1873, existían en los Estados Unidos cerca de 4000 cervecerías con una producción de 10 millones de barriles, sin embargo, setenta años después el número de cervecerías había descendido a la novena parte, mientras que la producción era ocho veces mayor. Sería el siglo XX, el testigo del surgimiento de los grandes monopolios en el sistema productivo de bienes de consumo.

El proceso de conservación de los alimentos mediante su enlatado, requería particularmente de bases científicas para su expansión comercial, debido a que cualquier falla en el proceso, era extremadamente peligrosa para la salud. Nuevamente, los estudios de Pasteur sobre bacterias en la década de 1860, hicieron posible un acercamiento científico, sin embargo, los principios fundamentales para la conservación de alimentos en latas, se establecerían hasta la década de 1890. Estas condiciones son: primero, el calentamiento suficiente y en todo su volumen del alimento que se desea enlatar, para lograr destruir las enzimas y bacterias dañinas; segundo, el cierre hermético de las latas que contengan al alimento, para impedir que se infecte por las bacterias que se encuentran en el aire. El proceso de enlatado fue mejorado por François Appert, un repostero de París a quien Napoleón otorgó un premio ofrecido en 1795 a quien mejorara las condiciones de las provisiones para los ejércitos revolucionarios. Su método consistió en un principio, en guardar los alimentos en botellas o jarras de cristal, que luego se tapaban con un corcho no muy apretado para ser después sumergidas en agua hirviendo, posteriormente, se precipitaban tan herméticamente como fuera posible. La utilización de botes o latas de hojalata, fue una mejora inglesa patentada por Peter Durand en 1810 y recogida por Bryan Donkin, que se asoció con otros para instalar en Bermondsey, la primera fábrica de conservas, la cual, suministró sopa y carne en conserva a la Armada Británica, durante la guerra entre Inglaterra y Estados Unidos. Un método patentado en Gran Bretaña en 1841, consistía en sumergir la lata en una solución hirviendo de cloruro de calcio para obtener mayores temperaturas que las del agua hirviendo; se cocían parcialmente los alimentos y se soldaba casi por completo la tapa de la lata antes de sumergirla. Después, se soldaba el agujero de salida del vapor y se sumergía nuevamente habiendo logrado un cierre hermético en la lata. La fabricación a mano de los botes de hojalata fue usual hasta la década de 1860, no obstante, en 1847 se inventó en Estados Unidos una prensa de remachar para hacer los rebordes de las tapas; veinte años más tarde una máquina para soldar las juntas laterales y para final de siglo, la manufactura de la lata con la junta solapada era enteramente automática. El tipo moderno de lata abierta por arriba, no se hizo de

uso común hasta que no se patentó en Estados Unidos en 1896, una mezcla de goma para la juntura perfecta de los extremos de la lata.

La refrigeración como medio de conservación de los alimentos comenzó a ganar terreno a partir de la década de 1830, cuando se comenzaron a patentar máquinas para fabricar hielo, dependiendo el efecto refrigerante de la expansión de aire comprimido o de la evaporación de líquidos muy volátiles, tales como el amoníaco licuado; James Harrison en Australia, diseñó una máquina perfeccionada de compresión de éter que le permitió montar una factoría de hielo y proporcionó una máquina refrigeradora a una cervecería australiana en 1851; en 1873, ofreció un banquete público con carne, pollo y pescado, que habían estado congelados durante seis meses. T.S. Mort, un compatriota australiano que instaló la primera congeladora de carne en Sydney en 1861, tenía muy claro las enormes posibilidades comerciales del tráfico de carne congelada. Para 1877, se llevaría por barco cordero congelado desde Argentina hasta Le Havre en un barco equipado con una maquinaria de compresión de amoníaco. Hacia 1900, un tipo especial de barco estaba transportando reses por millones desde Australia, Nueva Zelanda y Argentina hacia Europa; los productos lácteos, la fruta y las verduras siguieron pronto el camino de la carne.

Por lo que respecta a los utensilios de cocina, Z.A. Winzler dió en diciembre de 1802, una cena con alimentos preparados en una cocineta de gas; sin embargo, a mediados del siglo XIX, la cocineta de gas era todavía muy rara aunque la utilizaba por ejemplo, el famoso chef Alexis Soyer en el Reform Club de Londres. La hornilla de gas y el calentador al servicio de las necesidades más modestas, fueron puestos en uso durante la década de 1860, mientras que en la década de 1870, se popularizó rápidamente la cocineta de gas con un diseño que apenas cambiaría durante los siguientes cincuenta años; sin embargo, la estufa de gas, que en cierto modo había anticipado Winzler, sería mejorada con la introducción del uso de radiadores en 1880.

## 2. LA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE BIENES DE USO DOMESTICO.

### LOS TEXTILES.

En 1764, James Hargraves inventó una máquina de husos múltiples para fabricar hilo y que sería mejorada inmediatamente por Haley, era una máquina ligera en la que las mechas de algodón, eran extraídas de unas bobinas situadas en la parte inferior de la máquina; al deslizar hacia atrás una barra colocada en la parte superior de la máquina y que se deslizaba hacia atrás y hacia adelante, se provocaba una fuerza de tracción en la mecha, la cual, era fuertemente sujeta por dos rieles que se comprimían el uno contra el otro en el momento en que la barra hacía su movimiento hacia atrás; la mecha era entonces torcida por husos situados en el extremo opuesto de la máquina; después, la barra se movía hacia adelante al tiempo que un alambre empujaba el hilo hacia abajo, de forma que pudiera ser enrollado en los husos.

En 1769, Richard Arkwright patentaba su máquina para fabricar hilo, movida con energía hidráulica, en la que cuatro bobinas horizontales de madera sostenían las mechas de algodón en



bruto, el cual, había sido lavado, cardado y preparado para ser hilado al recibir una ligera torsión; la mecha era entonces llevada hacia abajo a través de dos pares de rodillos, el segundo de los cuales, se movía a mayor velocidad que el primero para lograr estirar la mecha de algodón; ésta, seguía su camino descendente hasta la base de la máquina, a través de una pieza en forma de "U" unida a un huso por la parte superior de su eje; por debajo del huso, se hallaba una última bobina que giraba a menor velocidad que el huso, gracias al primitivo mecanismo de enrollar una pieza de estambre en torno a su base, alrededor de la cual quedaba finalmente enrollado el hilo de algodón.

Posteriormente, Samuel Crompton inventó la *mule* o máquina de hilar intermitente entre 1774 y 1779, período al que se referiría como: "los cuatro años y medio, por lo menos, durante los cuales todo mi tiempo y toda mi capacidad mental, así como todo el dinero que mis otras dedicaciones me permitían ahorrar, fueron dedicados a este único objetivo". En su máquina, el hilo era llevado a través de rodillos, como en la máquina de Arkwright, pero con los rodillos situados en el extremo más alejado de la máquina, y había también un carro, como en la máquina de Hargraves, que se movía hacia atrás a la misma velocidad que los rodillos que liberaban la mecha; antes de que el carro llegara al final de su recorrido, los rodillos dejaban de girar, sujetando el material al tiempo que el carro retrocedía con mayor lentitud y los husos montados en él, continuaban torciendo el hilo; a continuación los husos giraban brevemente en sentido contrario con objeto de liberar al hilo, una vez logrado, el carro iniciaba su recorrido hacia adelante al tiempo que un alambre "colgante", guiaba el hilo ya torcido hacia los husos. El hilo obtenido era por primera vez fino y fuerte, por otro lado, al poderse variar independientemente la velocidad de los rodillos, de los husos y del carro, se hacía posible obtener a voluntad diferentes tipos de hilo.

Si bien la *"mule"* era todavía un aparato manual, Arkwright y otros pusieron todo su empeño en mejorarla. Así, un dispositivo que protegía el arrollado de las mechas de algodón en las bobinas - momento en el cual el tenue hilo se rompe con mucha facilidad - mantenía la velocidad del arrollado exactamente igual a la velocidad a la que las mechas emergían de los rodillos; esto se lograba haciendo que la tracción ejercida sobre las bobinas, fuese distinta a la ejercida sobre los husos, cosa que se lograba mediante una correa que giraba en torno a un tambor cónico que podía variar su velocidad de giro en cualquier momento, al deslizar la correa a través de su superficie. Existía un mecanismo de cremallera para detener la máquina cuando la bobina estaba llena y un movimiento diferencial para mantener constante la velocidad de las bobinas en relación con la de los husos. En 1785, Arkwright ya disponía de una máquina de cardar que podía trabajar de forma continua, gracias a un cilindro cubierto de púas, del que se retiraba el algodón por medio de un peine; después, se pasaba el algodón bajo unos rodillos y a través de un embudo, de manera que caía en un recipiente un estrecho rollo de algodón cardado. Para asegurar la uniformidad, se sacaban varios de estos rollos de sus recipientes y se les hacía pasar bajo rodillos que los unían, siendo la cinta resultante depositada en otro recipiente, que giraba a poca velocidad con objeto de dar a la mecha la torsión necesaria. El resultado fue que Arkwright dispuso de un proceso para preparar las mechas de algodón, casi continuo y movido mecánicamente.

Es importante mencionar que la mayor parte de los inventos en el área textil, surgen del manejo del algodón y posteriormente se aplicaban, si ello era posible, a otras fibras. Como podía esperarse, los mecanismos y la energía mecánica fueron aplicados a los procesos conocidos como apertura y batido a partir del año 1800, para abrir y limpiar las fibras enredadas del algodón en bruto, antes de ser preparado en forma de masas lanosas susceptibles de ser introducidas a la máquina de cardar. El impulso creciente de la industria textil, llevó al invento de un dispositivo para

lograr que los procesos de cardado e hilado, fuesen continuos en lugar de tener que llevar el algodón ya cardado de una máquina a otra; este adelanto fue obra de un suizo, J.G. Bodmer. Otro problema fundamental que absorbió muchos años de trabajo, fue el de lograr que la máquina de hilar intermitente o *mule*, trabajara de forma completamente automática. En 1800, John Kennedy, un hilandero y fabricante de máquinas en Manchester, había resuelto el problema hasta tal punto, que el viaje de ida del carro, incluido el cambio de velocidad, era controlado automáticamente y sólo había que hacer a mano el de vuelta. Alrededor del año 1824, Richard Roberts, fabricante de máquinas también en Manchester, diseñó una máquina completamente automática y puede con todo derecho ser calificada de casi perfecta. Sin embargo, a pesar de su éxito, los hilados más finos se seguían haciendo con el antiguo modelo de *mule*, que había sido mejorada al añadirsele un sistema de acoplado, de modo que un solo hilandero, podía controlar hasta 1200 husos; además, a partir de 1815 se puso a la venta un nuevo tipo de máquina continua llamada *throstle*, para satisfacer la demanda de hilos muy fuertes que pudieran ser usados en los telares mecánicos; una versión mejorada de esta máquina, conocida bajo el nombre de máquina continua de anillos de Danforth, contaba con un casquete cónico giratorio situado encima del huso para conducir el hilo hasta la bobina, y producía un hilo de algodón más suave. En 1828, John Thorp en Rhode Island, inventó la máquina de hilar continua de anillos, la cual ejercería un impacto decisivo a partir de 1850.

Con lo que respecta a los telares, el adelanto más importante lo constituyó el telar manual para seda de Jacquard, y posteriormente la añadidura en 1805 de un dispositivo para arrollar la tela automáticamente sobre el plegador, tomando el nombre de telar "dandy". Estos avances iniciaron con la aparición en 1803, de una máquina que aprestaba la urdidumbre con unos rodillos, la cepillaba y la secaba con una corriente de aire caliente; esta máquina permaneció en uso durante medio siglo, no obstante, apareció en 1839, otro proceso en el cual se hacían pasar unas cintas hachas con hilos de urdidumbre, a través de un canal de apresto y luego se secaban haciéndolas pasar alrededor de cilindros recalentados. Mientras tanto en 1813, William Horrocks, diseñaba un telar mecánico en el cual, la velocidad del batán, se podía variar para acomodarla al paso de la lanzadera a través de la calada. Diez años después, serviría como modelo para un telar estandarizado construido por Richard Roberts y en el cual, el batán realizaba un movimiento doble, esto es, hacia adelante y hacia atrás, por cada movimiento de calada y lanzadera, que a su vez, eran movidas por medio de palancas; además, disponía de un dispositivo especial para controlar el instante en que la lanzadera debía ponerse en movimiento, en caso de que ésta quedara atrapada en la calada y no regresara a la caja de lanzadera, la máquina dejaba de funcionar automáticamente; sin embargo, no contaba con ningún sistema para detener su marcha en caso de rotura de un hilo de la trama. Durante los siguientes 20 años, una serie de mejoras dieron al movimiento de la lanzadera la fuerza requerida, así como un sistema para detenerla en caso de romperse un hilo de la trama y la dotaron de rodillos laterales de superficie rugosa para mantener convenientemente sujeto el tejido al irse enrollando en el plegador.

A Roberts se debe también, el perfeccionamiento de los sistemas de adaptación de los telares mecánicos a los tejidos de fantasía. El movimiento de los diferentes conjuntos de hilos de la trama, se conseguía por medio de ruedas con salientes que provocaban mediante palancas, el levantamiento de los lizos adecuados. Para 1838, se podían obtener por este sistema, hasta ocho cambios en el dibujo, y ocho años más tarde, Diggle mecanizó incluso la caja ascendente (dispositivo que manejaban los tejedores manuales con objeto de lograr tramas de varios colores) haciendo que una serie de láminas de diferente espesor fueran montadas sobre una cinta sin fin, determinando el espesor de la lámina, cuál era la lanzadera que debía salir de la caja ascendente.

Hacia 1830, los telares mecánicos de Jacquard habían comenzado a pasar de la industria de la seda a la del estambre; sin embargo, en la industria del algodón no se consideraban suficientemente baratos.

El telar mecánico de Jacquard, combinaba agujas con ganchos y añadió un prisma perforado en lugar de los cilindros perforados, incluyó un mecanismo elevador conocido como "griffe" que manejaba el mismo tejedor por medio de una cárcola, la cual, estaba colocada por encima del telar y tenía un cierto número de ganchos de alambre, a los que iban unidos los cordones de alza que contenían los hilos de la urdidumbre; cada gancho pasaba perpendicularmente a través del ojo de una aguja horizontal y uno de sus extremos, sobresalía a través de un bastidor y era mantenido en su posición normal por medio de un resorte. Todos los ganchos perpendiculares que estaban sujetos por las agujas, estaban dispuestos de forma tal, que evitaban las barras contenidas en un bastidor - que de otro modo, hubiesen levantado los ganchos y los hilos de la urdidumbre que estaban unidos a ellos. La superficie del prisma ejercía presión sobre los extremos de las agujas y estaba perforada de tal forma, que la presión sólo se hacía efectiva en caso de que las perforaciones de una placa colocada sobre la superficie del prisma, estuviesen incompletas; cada vez que se movía la cárcola, la combinación de las perforaciones sobre dicha placa cambiaba, haciendo que los hilos de la trama pasaran a través de una serie distinta de hilos de la urdidumbre. Otro cambio de importancia en la tejeduría, fue la introducción en 1895, del telar automático, inventado por J.H. Northrop en Massachusetts; máquina que ha sido descrita como "el telar del siglo XX". El importantísimo adelanto que incluía, consistía en un método para cambiar la husada sin tener que parar la máquina, esto se lograba gracias a una especie de tolva o cono invertido que contenía las husadas; sin embargo, su funcionamiento implicaba el desarrollo de otros inventos, entre los que se incluían: una lanzadera que se enhebrase por sí sola y un sistema de operación que no requiriera el movimiento de la urdidumbre. En su versión terminada, el tejedor no tenía más trabajo que reparar las roturas de los hilos de la urdidumbre y de la trama, y abastecer los conos de bobinas cuando era necesario.

En el campo del peinado de telas, la peñadora Lister-Donisthorpe de 1851, revivió la industria del estambre; en su versión totalmente acabada, la peñadora circular y horizontal incluía dos peines anulares de menor tamaño, siendo obligadas las fibras a pasar a través de púas situadas en el interior de los peines circulares, de modo que las fibras más largas que sobresalían, eran arrastradas por unos rodillos verticales, mientras que las púas inferiores de los peines, retenían la borra que era retirada posteriormente en el proceso. Posteriormente, el cardador británico de lana S.C. Lister, inventó en 1859 una máquina para peinar seda que disponía de peines y cardas montados sobre una cinta sin fin, ésta, hacía que los dientes penetraran cada vez más profundamente en las fibras de la seda, y recogía las fibras más cortas en las cardas, de manera que se podían realizar varias clasificaciones de distintas calidades.

## LA ALFARERIA.

Ni la alfarería ni la industria del vidrio, rivalizaron con los textiles después de la transformación provocada por el inicio de la revolución industrial. El crecimiento de la industria de la cerámica, tanto en extensión como en técnica, fue mucho menos espectacular y más dependiente de la industria química en expansión que de las máquinas. Sería hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando la alfarería se constituiría sobre una base verdaderamente científica.

No obstante, la cerámica supuso un estímulo directo para los cambios técnicos en los equipos eléctricos y en las más modernas formas de estructuras en la construcción.

El período que comprendió desde el año 1680 al año 1749, ha sido descrito como el más fértil en los anales de la cerámica china con sus porcelanas azules y blancas, sus esmaltes transparentes y sus vidriados monocromos; fue llevada a Europa por los alemanes, siendo admirada en todas las capitales y al igual que en siglos anteriores, fue objeto de la más celosa imitación. El largo esfuerzo realizado para lograr reproducir la calidad de la porcelana china, fue alcanzado con éxito en 1710; su primer fabricante fue J.F. Böttger, químico de Augusto el Fuerte en Sajonia; usó alabastro o mármol como fundente, un caolín particularmente blanco como materia principal y un horno perfeccionado que permitía la cocción a temperaturas de hasta 1400 °C; de este modo, comenzó la manufactura de porcelana en Dresde bajo el más estricto secreto.

Hacia el año 1720, John Astbury fabricó en Staffordshire (Inglaterra), la primera loza vidriada a la sal totalmente blanca; la fabricación de esta loza implicó dos cambios: primero, el uso de arcilla blanca y segundo, la adición a ésta de sílice calcinada; la gres resultante, tenía las tan apreciadas cualidades de transparencia y dureza, mientras que al mismo tiempo puso la loza tipo porcelana al alcance de clases menos pudientes. Poco después, Enoch Booth iniciaría la práctica del recocido también en Staffordshire y suspendería la costumbre de espolvorear la loza con galena pulverizada antes de cocerla; en vez de ello, era sumergida después del primer cocido, en un baño de vidriado líquido que contenía óxido de plomo. Todas estas innovaciones facilitarían el advenimiento del futuro gran industrial de la loza: Josiah Wedgwood, quién siendo hijo de un ceramista, modelaba piezas de cerámica en el torno desde los nueve años de edad. En 1759, Wedgwood abrió un negocio en su mansión de Burslem y realizó experimentos mezclando arcillas; el resultado fue la producción de una loza vidriada verde y una mejora en la loza color crema manufacturada por otro alfarero llamado Booth. Para producir su loza, Wedgwood empleó una mezcla de cuatro partes de sílice por veinte o veinticuatro de la arcilla más blanca que pudiera conseguirse; después, cocía esta mezcla dos veces y la esmaltaba con una especie de vidrio de plomo; la loza no tenía ninguna decoración, pero resultaba llamativa por su atractiva forma y precio accesible. Un hecho le garantizó enorme publicidad: la reina Carlota aceptó un juego de esta loza en 1762 y a partir de entonces se le llamó "loza de la Reina", mientras que su afortunado fabricante fue llamado ceramista real. Dado que los intereses de Wedgwood iban desde el estudio científico de los materiales y métodos de la cerámica, hasta intereses comerciales como la promoción del Canal del Grand Trunk que pasaba junto a sus hornos; era evidente que se convertiría en el empresario más calificado para elevar la categoría de esta industria en su totalidad. No obstante en 1768, Booth seguiría contribuyendo al mejoramiento de la loza al añadir caliza de grano muy fino al caolín ya presente en el cuerpo de la loza.

En cuanto a la maquinaria empleada, el modelado en torno fue complementado al resucitar la antigua costumbre de emplear moldes de metal fundido, yeso o arcilla ligeramente cocida en hornos, para dar forma a pequeñas vasijas. Otro paso adelante lo constituyó la introducción del molino de sílice; este material al ser calcinado en un horno, podía ser molido hasta convertirse en un polvo extremadamente fino para ser después incorporado a la arcilla; debido al efecto dañino del polvo de sílice en los pulmones, en 1726 fue patentada la molienda bajo el agua. Se prefirió el molino de piedra para evitar la decoloración producida por el hierro, usándose la fuerza hidráulica y después la máquina de vapor para producir el movimiento en el molino. La sílice fue usada con el propósito no sólo de abrillantar el color de la loza, sino también para proporcionar mayor dureza a la loza al ser horneada a mayores temperaturas. Por esta razón, se concedió

mucha atención al trabajo en los hornos; para el año 1750, comenzaría la práctica del recocido; a la par, comenzarían a usarse hornos en serie en lugar de las simples estructuras originales, que solían medir 2 x 2.5 metros y se inventaron también nuevos mecanismos para medir las temperaturas en los hornos.

Hacia el año 1850, la sustitución de la madera y el peltre por la loza barata como vajilla de las clases más desprotegidas, se había completado virtualmente en todos los países del primer mundo. La Gran Exposición de Inglaterra, incluyó curiosidades en cerámica tales como: el plato más grande de porcelana existente, producto húngaro que atrajo el interés de la reina Victoria y aseguró un pedido real sumamente lucrativo. Alrededor de 1860, se fabricó una flauta de porcelana y en 1885, una chimenea con porcelana de Dresde; en la Exposición de París de 1900, participó un "palacio de cerámica" cuyo interior estaba construido exclusivamente en porcelana de Sèvres, Francia. Resultó afortunado el hecho de que el desarrollo ulterior de la industria de la cerámica, se debiera en gran parte, a la demanda de nuevos productos; estas demandas incluían gran número de aislantes de porcelana y esteatita para las nascentes instalaciones telegráficas y eléctricas, envases para ácidos y otros productos químicos requeridos por la industria química en rápida expansión y ladrillos refractarios para la fundición de acero, como los fabricados con dolomita o magnesita calcinada de Austria. A partir de 1890, la porcelana para equipos sanitarios, llegó a ser también una manufactura a gran escala, así como también la expansión de su uso en la industria de la edificación.

Un paso adelante en la tecnología de la alfarería lo constituyó el rediseño de los hornos; por ejemplo, F. Hoffman patentó en 1858 el primer horno circular continuo, con una serie de aberturas que permitían mover el fuego de una abertura hacia otra. Aún más importante fue el horno de túnel inventado en Dinamarca, en donde era muy necesario economizar el combustible; el primero fue construido en 1839, pero alcanzó su máxima eficiencia después de 1877, cuando se patentó un modelo que quemaba indistintamente gas de gasógeno o carbón. Este invento fue seguido al año siguiente por el horno de túnel anular, más económico, que se puso en funcionamiento casi simultáneamente en Hungría e Inglaterra. El desarrollo de los hornos fue acompañado por el de su maquinaria auxiliar como: molinos, trituradoras y prensas mecánicas para dar forma a los más simples de los productos acabados como las tejas, los ladrillos, los aislantes de porcelana y la loza casera.

Sin embargo, el cambio más significativo fue la gradual sustitución de los métodos empíricos por los métodos científicos; por primera vez se realizó un análisis cualitativo de las materias primas, así como una medición exacta de las temperaturas del horno y una formulación de las normas para impedir que se formaran las diminutas grietas en la superficie de los productos de la alfarería.

## LA TECNOLOGIA PARA EL TRABAJO DEL VIDRIO.

La evolución en la fabricación del vidrio muestra una clara semejanza con la de la alfarería, puesto que el antiguo y con frecuencia secreto método tradicional, no fueron desplazados rápidamente por la revolución industrial. De hecho, el más cercano contacto con los avances científicos del período de la revolución industrial, lo constituyó el progreso constante del vidrio óptico y las lentes. En el año 1758 le fue concedida a John Dollond, experto óptico, una patente para las lentes acromáticas que llevaba fabricando, junto con Moor Hall, durante 25 años; estas

lentes se hacían cementando una lente convexa de *crown glass* o vidrio de sodio, con una lente cóncava de *flint glass* o vidrio de plomo. Con la superación de la aberración cromática en las lentes, cuya teoría matemática fue elaborada en Upsala por Samuel Klingenstierna en 1760, las primeras piezas de salón fueron seguidas por los grandes telescopios de observatorio. Aparecieron también los grandes telescopios de reflexión, tales como el instrumento de 12 metros que Herschel completó en 1789. Los métodos perfeccionados para fabricar vidrio óptico, fueron objeto de investigación, no sólo entre los fabricantes, sino también entre los científicos interesados como Herschel y Faraday, el cual, se hizo cargo de las investigaciones sobre la materia en la Royal Society en 1824. P.L. Guinand, fundidor suizo de micas para relojería, descubrió en 1798, que al revolver el "flint glass" o vidrio de plomo fundido en el crisol con un batidor hecho de arcilla refractaria, se lograba una mezcla más homogénea al distribuir mejor el pesado óxido de plomo y por consecuencia, un vidrio óptico superior; al lograrse vidrios más compactos, el índice de refracción pudo ser ampliado. La calidad en la transmisión de la luz fue también mejorada, al disipar con mayor éxito las burbujas de aire en la mezcla. El procedimiento secreto de Guinand, desarrollado en Bavaria (Alemania) en colaboración con el espectroscopista Joseph von Fraunhofer, permitió al instituto de óptica de Munich, producir grandes lentes de alta calidad.

Sin embargo, la gran dificultad de manejar el vidrio fundido, fue una barrera contra el progreso. No se realizó ningún intento por producir mediante máquinas los tubos y varillas de vidrio, por no hablar de las botellas. Los tubos se producían soplando gradualmente una posta de vidrio de forma cilíndrica, para después ser estirada entre dos obreros, mientras un tercero medía el diámetro con calibradores; cuando se lograba el diámetro deseado, se enfría el tubo para que solidificara, batiendo al aire mediante un cuero para crear una corriente de aire; posteriormente, se cortaba en las longitudes deseadas.

En el año 1800, eran todavía de uso corriente las ventanas de *crown glass* o vidrio de sodio, pero en 1832 la firma Chance Brothers and Bontemps, introdujo en Inglaterra un sistema para fabricar láminas de vidrio a partir de cilindros de vidrio soplado; método ya en uso en Francia y Alemania. Este sistema, resultaba más barato y producía mejores láminas (sin marcas en el centro) y requería de cinco tipos de trabajadores especializados; el proceso era como sigue: una pasta de vidrio que pesaba un poco más de 18 kilos, era soplada en forma de ampolla y se hacía girar en una fosa profunda para que tomara forma cilíndrica; se separaban entonces los dos extremos antes de cortar el cilindro en forma longitudinal con un instrumento de diamante; cuando volvía a estar pastoso por efecto de recalentarlo, el cilindro podía desarrollarse en una lámina plana. Para obtener láminas de mayor calidad, se abría el cilindro sobre una piedra cubierta de vidrio y se bruñía mediante fricción con un bloque de madera; finalmente, se pasaba a través de un horno de recocido. Siete años más tarde, la misma firma inventó un procedimiento mediante el cual, las láminas podían ser debastadas (para lograr el espesor deseado) y pulidas a la usanza del vidrio plano pulido; este procedimiento permitía la eliminación de irregularidades en la superficie de la lámina, mientras ésta era suavizada después del estirado, al ser extendida sobre un cuero humedecido al cual se adhería por efecto de succión. El procedimiento tenía la enorme ventaja de producir láminas coladas de hasta 4 x 2 metros, frente al máximo de 1 x 0.75 metros de las láminas fabricadas con el anterior proceso de soplado. La mezcla incluía un 25% de lámina de vidrio roto o vidrio de desecho que se preparaba para su uso por fritado, permitiendo una mezcla uniforme parecida al engrudo y que se fundía en crisoles situados en un horno de alta temperatura; la colada se hacía originalmente sobre una plancha de cobre que sería substituida a partir de 1840 por una placa de hierro colado. En 1789, fue utilizada una máquina de vapor construida por Boulton y Watt, para el proceso de desbaste y bruñido; el instrumento para debastar era una lámina

de vidrio, fijada a un tablón y a una muela horizontal, que se movía libremente sobre la superficie de la lámina colada; el pulido se hacía con un rodillo de fieltro montado sobre un arco de madera, usando piedra de Tripoli finamente pulverizada o un esmeril. La firma Chance and Brothers adoptó el proceso de vidrio en láminas en 1832 y lo perfeccionó mediante el soplado de un cilindro que llegaba a medir 2 metros de largo por 0.5 metros de diámetro, suministrando el vidrio para el Palacio de Cristal en 1851. Entre 1884 y 1887, la firma instaló tras experimentos muy desafortunados, un sistema de laminado por rodillos, en el cual se vertía vidrio fundido sobre una plancha inclinada; después, se pasaba entre un par de rodillos para ser por último debastada y pulida.

La talla y grabado a mano del vidrio, era una operación que requería alto grado de maestría y que logró gran calidad, al aplicarse sobre el primer cristal de vidrio; los dibujos, que eran principalmente geométricos, se tallaban con una muela de hierro alimentada con arena; el vidrio era después pulido en otra muela de fina arenisca alimentada con agua y repulido con una tercera muela de madera alimentada con agua y óxido de estaño. El grabado era utilizado para las piezas más finas, con dibujos más libres efectuados con pequeños discos rotatorios de cobre; éstos eran más pequeños que las muelas usadas para la talla, además, el trazado de un solo dibujo delicado, podía requerir la utilización de 50 discos, de diámetros que oscilaban entre 3 y 100 milímetros.

A partir de 1859, se concedieron a varios países, una serie de patentes de máquinas para la fabricación de botellas; en 1887, la máquina semiautomática de Ashley en Yorkshire (Inglaterra), proporcionó el primer éxito comercial; en ella, el vidrio fundido era recogido manualmente sobre un hierro y vertido en un molde, para ser presionado con un émbolo para formar el cuello de la botella y mediante aire comprimido, se expandía el vidrio para llenar el molde; inmediatamente después, se sujetaba el cuello con la mano y se invertía; un segundo molde de soplado, se cerraba alrededor del vidrio, que era soplado para formar la botella completa. En 1898, M.J. Owens construyó en Estados Unidos, la primera caña neumática experimental que mecanizó el primer proceso de fabricación, en el cual, cinco trabajadores producían alrededor de 150 botellas por hora, en tanto que dos hombres trabajando en dos máquinas de Ashley perfeccionadas, podían fabricar 200; para finales del siglo XIX, una máquina de Owens podía producir 2500 botellas por hora. Fueron utilizados también, émbolos y moldes para el proceso más sencillo de prensado de artículos de vidrio tales como bandejas pequeñas y cuencos.

Tanto para las botellas como para los recipientes de vidrio, la mecanización dependía en un considerable grado, del perfeccionamiento de los hornos; los que estaban en funcionamiento hasta 1850, se encendían directamente y consumían mucho combustible; sin embargo, para la década de 1860, sería aplicado a la fabricación de vidrio, el horno de regeneración Siemens. Los hornos de gas del nuevo tipo, producían una temperatura mucho más alta, permitiendo entre otras cosas, la disipación de las burbujas de aire, sin embargo, también reducía la vida de los tradicionales crisoles de arcilla refractaria; por tanto, se substituyeron por los hornos de cubeta, utilizados en un principio para contener sólo la cantidad de vidrio fundido necesaria para el trabajo de cada día, más tarde, se usaban para suministrar un continuo flujo de vidrio, con la hornada en fundición en un extremo para emerger por el otro, ya afinada y lista para ser trabajada; este sistema comenzó a emplearse alrededor de 1872 en Inglaterra.

### 3. LA TECNOLOGIA PARA LA EXTRACCION Y LABRADO DE LOS METALES

#### EL HIERRO.

En la obtención de hierro, a partir de 1760 aproximadamente, la adopción de una gran cantidad de mejoras acabaría por imponer a los hornos calentados por coque; por aquel año en Inglaterra, el número de éstos no ascendía a más de 17, mientras que para 1775 ya eran 31, y para 1790 ascendían a 81, cifra que comprendía al 80% de los altos hornos en Inglaterra. Un cambio aún más importante, fue la mejora del hierro obtenido en el alto horno de coque, al refundirlo en hornos de fundición; la refundición hacía al hierro más homogéneo y puro; sin embargo, el coque presentaba el inconveniente de quemarse con mayor dificultad que el carbón de leña. Pero en 1776, llegaría el cambio vital, cuando John Wilkinson empleó una máquina de vapor con un cilindro de un metro, para producir la corriente de aire necesaria en uno de sus hornos de Shropshire; la máquina de vapor no solo acrecentó enormemente la potencia de la corriente de aire inyectado al horno, sino que éste pudo continuar funcionando sin interrupción en cualquier sitio que dispusiera de carbón y mineral de hierro.

El hierro colado se utilizó en nuevas aplicaciones como en ruedas dentadas y en los primeros martillos de fragua movidos por vapor; en 1784, se diseñaría una fábrica de harina en Londres, con una planta construida enteramente con hierro colado. No obstante, el metal más usado seguía siendo el hierro forjado, siendo la aplicación del carbón mineral en su fabricación, lo que explica el asombroso crecimiento de la producción en la fundición de hierro a partir de 1790.

Apareció en 1784, un nuevo proceso conocido como *pudelado*, que inventó un capataz galés de una fábrica de hierro; su rasgo esencial consistía en remover, apartar, batir y separar sucesivamente en el horno de reverbero al hierro fundido, dando un acceso directo al aire y logrando descarburar al hierro, hasta el punto de hacerlo maleable; de hecho, el oficio de pudelador o el que manejaba vigorosamente su barra en la puerta del horno removiendo el hierro, se convertiría en uno de los oficios más importantes dentro de la industria del hierro, durante los siguientes cincuenta años. El *pudelado* se complementó posteriormente con el uso de rodillos acanalados, que habían sido inventados por C. Polhem en Suecia en 1745, la combinación daba por resultado grandes economías; tan pronto como el bloque de hierro maleable alcanzaba la temperatura conveniente en el horno, a golpes de martillo se le daba la forma de zamarras que eran transformadas en barras, por medio de rodillos acanalados; sin embargo, previamente debía de hacerse una plancha que se cortaba en tiras o en barras por martilleo. Con el uso de los rodillos, se obtenían quince toneladas de hierro en el tiempo que se obtenía una tonelada empleando un martillo, de modo que el hierro pudelado, compensaba con su bajo costo, su calidad inferior con respecto al hierro fundido con carbón vegetal.

Mientras tanto, los hornos se hicieron más grandes y eficientes; la cubierta exterior se hizo redonda en vez de cuadrada y se levantó sobre pilares de hierro colado, de modo que las toberas podían insertarse a todo su alrededor; de la tradicional forma rectangular de la superficie de la plaza en donde se acumulaba el metal fundido, se pasó también a una forma redondeada, lo que dio por resultado una fusión más rápida y con el consumo de menos combustible.



## EL ACERO.

El papel desempeñado por el acero fue notablemente pequeño, hecho sorprendente si consideramos que T.O. Bergmann, metalúrgico sueco, se había percatado de la influencia de la proporción de carbono, sobre el grado de dureza del acero desde el año 1750. En la primera parte del siglo XIX (1800 - 1899 d.C.), el acero se producía aún con el proceso sueco de cementación de barras; el producto primario, conocido como acero cementado, se obtenía al cubrir el hierro en barras, con fragmentos de carbón vegetal que era sometido a intenso y prolongado calor al encenderse e iniciar su combustión. El acero así producido, era transformado después en el acero duro requerido para la cuchillería, mediante un tratamiento de calor y forja; no obstante este procedimiento, el acero no alcanzaba la calidad absolutamente uniforme que se requería para fabricar los relojes e instrumentos de precisión, artes ambas, que practicaba Benjamin Huntsman en Doncaster, Inglaterra. Huntsman consiguió fabricar un acero más puro - trabajando en un principio a partir del acero cementado y duro ya existente, y posteriormente a partir del hierro sueco en barras, afinado por él mismo - al someterlo a un calor más intenso; para lograrlo, empleó una cámara de fusión revestida de ladrillos refractarios, situándola en lo alto de un horno de coque. Dentro de la cámara de fusión había crisoles de 23 a 28 centímetros de altura, hechos de una arcilla especial resistente al calor; un intenso calentamiento de cinco horas, y la adición de un fundente secreto, produjo un acero colado completamente libre de partículas de sílice o escoria. El costo de producción era menor que el del acero obtenido por los antiguos métodos, siendo la única desventaja la imposibilidad del producto para soldarlo, al no poderse calentar por encima de los 900 °C. Hacia el año 1787, media docena de firmas en Sheffield, por lo menos, empleaban el procedimiento del crisol de Huntsman, cuyo secreto se dice fue descubierto por primera vez, por un competidor que entró a sus instalaciones disfrazado de mendigo.

Aunque William Kelly no gozó de éxito comercial, su nombre merece ser más recordado de lo que es, pues su carrera ilustra dos rasgos destacados en la obtención del acero a partir de 1850: el auge de inventores estadounidenses y el crecimiento de la industria del acero en aquel país. Kelly fabricó calderas para el azúcar de los granjeros hechas con hierro fundido afinado en hornos de carbón vegetal, el cual, subía rápidamente de precio debido a su escasez; al fabricarlas, hizo la observación casual de que una corriente de aire que actuaba sobre el hierro fundido, generaba más calor si el hierro no estaba cubierto con el carbón vegetal, aprendiendo así, empíricamente, que el carbono del hierro fundido podía ser eliminado o rebajado con la sola acción del aire, actuando como combustible el propio carbono. Al lograr que quedara en el metal una proporción más alta de carbono de la que se requería para el hierro forjado, aplicó el método de "cocimiento por aire" para la fabricación de acero. Otros metalúrgicos, opinaron que la idea de fabricar acero sin combustible era absurda, sin embargo, a partir de 1851, Kelly construyó una serie de convertidores para "convertir" el hierro en acero y su patente norteamericana de junio de 1857, lo reconoció oficialmente como el primer inventor del nuevo acero; no obstante su patente se arruinó y sus derechos fueron cedidos a Bessemer, de quien este tipo de acero toma todavía su nombre.

El objetivo de Bessemer era el mismo que el de Kelly, como lo prueba el título de la ponencia que leyó el 13 de agosto de 1856 ante la British Association for the Advancement of Science bajo el título: "Sobre la fabricación de hierro y acero maleables sin combustible"; resulta claro que se abrigaban ya, vivas esperanzas de lograr este resultado, como lo demuestra el hecho de que al día siguiente, la ponencia de Bessemer fue reseñada en *The Times* y antes de terminar el mes, había aparecido en *The Illustrated London News*. A diferencia de Kelly, Bessemer pretendía

mantener el metal completamente líquido, utilizando temperaturas muy elevadas; sus primeros experimentos de 1855, fueron realizados con un convertidor vertical fijo y para 1860, patentó el convertidor basculante que se ha seguido usando desde entonces; este convertidor basculante, fue ideado con el objeto de evitar la pérdida de calor y se consiguió al colocar toberas cónicas de arcilla refractaria en la parte superior del convertidor, de manera que permanecieran fuera de acción mientras el metal fundido entraba y salía del convertidor; sin embargo, durante el verdadero proceso de conversión, se le daba vuelta al convertidor para que las toberas quedaran en el fondo, permitiendo así, que la corriente de aire fuera impulsada hacia arriba a través del metal fundido. El método era rápido - hoy, 25 toneladas de hierro pueden ser convertidas en acero en cuestión de minutos -, sin embargo, la corriente de aire arrastraba algo de hierro y el intenso calor al que estaban expuestos los operarios, resultaba perjudicial para su salud. Diez años después de ser ideado, el acero Bessemer estaba siendo soplado en Inglaterra, Estados Unidos y tres países europeos.

Entretanto, desde 1856 se estaba desarrollando un procedimiento alternativo sobre solera, que hacía el año 1900 igualaba al proceso Bessemer en la cantidad de acero producido y poco después, lo superaba. Este procedimiento derivó de un invento para mejorar la eficiencia de las máquinas de vapor y que consistió en la introducción de un recuperador de calor. En 1856, Frederick Siemens obtuvo una patente inglesa para un proceso de recuperación del calor, en el que los gases calientes de escape, eran usados para precalentar el combustible y el aire entrantes. El principio fue aplicado por primera vez a la fabricación de hierro en el horno de Cowper en 1857, diseñado por un socio de Siemens y en el que los gases residuales del alto horno, se usaron para precalentar la corriente de aire. Para 1861, Siemens obtenía un gasógeno que permitía usar como combustible, el gas derivado del carbón de baja calidad; la patente mencionaba también, la posibilidad de aplicar el invento para fundir acero en un horno de solera, sin embargo, su primera aplicación la halló en un horno para vidrio de Birmingham, Inglaterra. Poco después, los hermanos Siemens, primero en Birmingham y después en Gales, fabricaron acero al descarburar hierro colado con mineral de hierro; esto es lo que se conoce como el proceso Siemens. El proceso en solera tiene tres ventajas notables: primero, permite alcanzar temperaturas muy altas (alrededor de 1650 °C), segundo, resulta económico al poder usarse chatarra de hierro y carbón de baja calidad y tercero, que es un proceso relativamente lento que permite ejercer un estricto control sobre él. El proceso de solera se desarrollaría después en los Estados Unidos, donde Benjamin Talbot construiría en Filadelfia, los primeros hornos de marcha continua en 1899; estos hornos, proporcionaban aún mayor economía de combustible siendo de mayor tamaño y contaban con un dispositivo para bascularlo. En el año 1900, Carnegie, industrial del acero, declaraba que el proceso sobre solera, era el proceso del futuro.

Por lo que respecta a los hornos, a partir de la década de 1860, se empezaron a construir con una altura media de 23 metros, mientras que en los Estados Unidos se introdujo la "marcha rápida" al aumentar el tamaño de la solera; en 1880, Carnegie construía en Pittsburgh, una de más de tres metros de diámetro, que tenía espacio para ocho toberas y obtenía 1200 toneladas de hierro por semana. En los procesos de acabado, la principal mejora tuvo lugar en la técnica de laminación al introducirse laminadores reversibles que actuaban sobre el metal en ambos sentidos, evitando así, la pérdida de tiempo que suponía al hacerlo retroceder después de cada paso. Aparecieron también, los laminadores trío, con un tercer rodillo que actuaba sobre el metal, al tiempo que lo hacía pasar hacia atrás sin necesidad de invertir el sentido de la marcha de los otros rodillos; asimismo aparecieron los trenes de laminación continuos, que contaban con juegos de rodillos dispuestos en una serie de tamaños y potencias de reducción decrecientes. Todas estas

máquinas, comenzaron a ser empleadas en Inglaterra a partir de 1860 y serían sometidas más tarde, a importantes perfeccionamientos en manos de ingenieros estadounidenses. La producción mundial de acero, pasó de 500 000 toneladas en 1870, a 28 000 000 de toneladas en 1899.

## LOS METALES NO FERROSOS.

Entre 1759 y 1859, la explotación y el trabajo de los metales no ferrosos, registró un crecimiento lento y hay comparativamente pocos cambios tecnológicos que registrar. La extracción de los metales a partir de sus menas, continuó haciéndose de modo tradicional; el oro, por ejemplo, seguía lavándose simplemente a partir de la arena o grava que lo contiene, mientras que la plata se separaba del cobre y del plomo después de la fusión. No obstante, en 1863, H.L. Pattison patentó en Inglaterra, un nuevo procedimiento para extraer plata a partir de plomo, eliminando los cristales de plomo puro de la superficie de una serie de crisoles de hierro colado donde se fundía plomo argentífero, el cual, era removido mientras se enfriaba, hasta que finalmente un crisol proporcionaba metal con contenido de unos 8.5 kilos de plata por tonelada; este procedimiento conseguiría una recuperación de plata mucho mayor que la lograda anteriormente. El cobre, plomo, cinc, estaño y mercurio, se producían todos, fundiendo las menas con carbón vegetal o mineral, existiendo varias adaptaciones de altos hornos y hornos de reverbero. Los metales del grupo del platino, el cobalto y el níquel, fueron estudiados en el siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.) y llegaron a ser accesibles comercialmente. Al platino de las minas sudamericanas no se le hizo caso durante generaciones por considerarlo inservible, hasta que el navegante español Antonio de Ulloa, quien acompañó a una expedición francesa al Perú, lo describió en Europa en 1736; aunque su nombre es un diminutivo de la palabra española *plata*, el platino no se usó al principio en joyería, pero su excepcional resistencia a la corrosión, lo hizo valioso para algunos tipos de material de laboratorio, tales como crisoles y especialmente, para los rectificadores de ácido sulfúrico usados en la industria. El cobalto, fue obtenido en 1733 por el químico sueco Georg Brandt, a partir del mineral de cobalto, el cual, había sido empleado durante mucho tiempo para fabricar vidrio azul, siendo usado a partir de entonces, para reconvertirlo a su óxido en forma más pura y ser solicitado también, para la fabricación de vidrio. El níquel fue obtenido por Axel Cronstedt, otro químico sueco, a partir del *Kupfernickel* o falso cobre, mineral hallado en Alemania y Noruega; el propio níquel era utilizado principalmente en aleaciones como la alpaca, cuyo nombre se usaba para designar una variedad de aleaciones en las que de un 15% a un 34% de níquel, se combinaba con cobre y una proporción más pequeña de cinc; la calidad era tanto mejor cuanto mayor contenido de níquel; desde 1840, la alpaca fue considerada un material particularmente apropiado para el nuevo proceso de galvanoplastia con plata y otros metales. Por último, un nuevo metal fue reconocido por primera vez y producido comercialmente 50 años después: el aluminio; del cual, F. Wöhler obtuvo glóbulos diminutos en 1845; para ser más atentamente estudiado poco después, por el químico francés H.E. Sainte-Claire Deville, bajo el patrocinio del emperador Napoleón III, quien encargó cucharas de aluminio para los banquetes de Estado y un sonajero para el heredero imperial.

En la segunda mitad del siglo XIX (1800 - 1899 d.C.), la explotación de metales se aceleró mucho como consecuencia de la enorme demanda industrial y comercial que había que satisfacer. Se produjo por tanto, una búsqueda mundial de yacimientos, intensificada a intervalos por los grandes beneficios que resultaban de algunos descubrimientos afortunados. Al mismo tiempo, la pericia de químicos e ingenieros, mejoró enormemente la extracción y trabajo de los metales: los métodos eléctricos, por ejemplo, llegaron a ser importantes hacia el final del siglo. La prospección

sistemática recibió un gran impulso, con la utilización de nuevos equipos. Las rocas blandas se taladraban con barrenos rotatorios mientras que las más duras, a golpe de cincel. La torre de perforación fue perfeccionada a partir de su uso como grúa en los barcos, para facilitar la retirada del equipo completo de herramientas para barrenar sin necesidad de desmontarlas. Cuando se necesitaban muestras de estratos perforados, se empleaba una columna de piezas tubulares mecánicas, dotadas de un abrasivo potente y duradero a base de diamantes industriales; a medida que la columna iba penetrando, cortaba un cilindro de roca que era retenido en el tubo, para después ser subido y examinado. Se realizaron también, avances paralelos en los métodos de barrenado subterráneo; se empezaron a perforar agujeros de barreno, colocando cargas explosivas perfeccionadas, con una máquina para barrenar rocas, que comenzó a emplearse en la perforación de un túnel para el ferrocarril del Mont Cenis en la década de 1860. Más tarde, se idearon máquinas neumáticas más eficaces, que se podían manejar a más de un kilómetro del compresor. Un método completamente nuevo, desarrollado a finales del siglo XIX (1800 - 1899 d. C.), fue el uso de un potente electroimán, que separaba fácilmente en el mineral finamente triturado, los materiales ferrosos de los no ferrosos; más tarde fue usado para separar minerales que se distinguían sólo por una ligera diferencia en sus propiedades magnéticas.

En cuanto a los nuevos productos metálicos, se fabricaron lingotes de mayor tamaño, que en el caso del acero suave fabricado por el proceso de solera, podían alcanzar un peso de hasta cinco toneladas; el cobre se fundía normalmente en lingotes de dos toneladas; los aceros especiales, el latón, la alpaca y otras aleaciones, se fundían en cambio, en crisoles con capacidad inferior a los 90 kilos, para ser vertidos a mano en moldes; posteriormente, se les aplicaban tratamientos de forja, laminado, prensado y estirado, soldadura y galvanoplastia. El uso del martinete, siguió siendo esencial para dar forma al hierro forjado antes de ser laminado; no obstante, a finales del siglo XIX, la forja martillada a mano, era muy necesaria en la industria del cobre para dar forma final a las chapas laminadas, que hacia 1870, podían ser de dos toneladas de peso.

El laminador, por otro lado, se usó principalmente en la producción de barras, chapas y perfiles para la construcción, chapas para los nuevos barcos de hierro y acero, chapas para calderas y ralles para los ferrocarriles en continua expansión. A partir del año 1884, el laminador en trío comenzó a ser substituido por el laminador universal, el cual, con su enorme potencia, podía partir de un lingote de acero colado sin martillar, para convertirlo en una chapa o una barra del espesor deseado, permitiendo solucionar el problema de producir plancha gruesa de blindaje para barcos; en 1861, se fabricó una plancha de 305 milímetros de espesor y 20 toneladas de peso, al laminar conjuntamente 16 planchas de hierro forjado de 31.75 milímetros; para finales de siglo, los laminadores universales podían convertir un lingote de acero de 130 toneladas y 914 milímetros, en una plancha de 305 milímetros de espesor de 13 x 3 metros.

La producción de chapa fina, fue importante para las industrias del cobre y del latón; el laminado de chapas finas, primero de hierro y luego de acero para la fabricación de hojalata, fue particularmente importante debido a que ésta evitaba la oxidación en el enlatado de alimentos. El método de formar chapas por laminación, se comenzó a emplear en 1825 aproximadamente, al trabajar dos barras a la vez a una temperatura de 790 °C; se laminaban primero por separado, luego juntas y después, se doblaban dos veces, llegándose a un laminado final de las ocho chapas que tenía por objeto asegurar un grosor que, tras añadir el baño de estaño, no excediera los 0.25 milímetros. La chapa caliente era recocida, desoxidada y sumergida en aceite, antes de darle un doble baño de estaño, para después ser engrasada y pasada por laminadores para hacer uniforme

la cubierta de estaño, que aún en la hojalata de mejor calidad, formaba una chapa de menos de 0.125 milímetros de espesor.

Las varillas de alambre y el alambre de espinos galvanizados, invento estadounidense este último, desempeñaron un papel importante desde la década de 1880 en la exploración y parcelación de grandes comarcas, particularmente las de ganado. El alambre había tenido una gran demanda una generación antes, con la llegada del telégrafo y del cable metálico trenzado, el cual, W.A.J. Albert adoptó en las minas de Clausthal en 1834. Warrington se convirtió en el centro de una nueva industria usando el tren belga de cilindros acanalados, que fabricaba el alambre al forzar el paso del metal a través de agujeros de tamaño decreciente y con diferentes perfiles como: cuadrado, romboidal, oval y circular; en 1862, el tren belga había sido transformado por G. Bedson, en un tren laminador continuo de 16 cajas, dispuestas alternativamente en posición horizontal y vertical, de modo que la varilla no requiriera rotar, girando a velocidades crecientes para que la varilla no dejara de pasar al disminuir su grosor. A partir de 1882, se adoptaron nuevas mejoras en el tipo de laminador construido en los Estados Unidos según los diseños de W. Garrett, que convertían en nueve horas, 50 toneladas de varilla de acero en un solo rollo de alambre de 6 milímetros de diámetro. El alambre de cobre, adoptado por la telegrafía a partir de la década de 1860 y usado en cantidades cada vez mayores para la conducción eléctrica, se fabricaba con el método del laminado del acero. Entre las industrias que utilizaban alambre, con maquinaria cada vez más compleja y mayor producción, se encontraban las tradicionales fábricas de clavos, alfileres y agujas, las fábricas de paraguas y de tela metálica. Un nuevo procedimiento fue el temple isotérmico, introducido por J. Horsfall en 1854, para producir alambre de acero de gran resistencia a la tracción, mediante un proceso continuo que consistía en pasar sucesivamente el torón por un horno de calentamiento, para después aplicar un baño de temple y otro de revenido con plomo fundido; las aplicaciones de sus productos abarcaban desde cables para arados a vapor hasta la fabricación de cuerdas para piano, adquiriendo buena publicidad al utilizarse este tipo de cables en el puente colgante de Brooklyn, los cuales, estaban compuestos de 6400 alambres de acero cada uno, que tenían resistencia a la tensión de hasta 100 toneladas.

Los tubos sin soldadura, fueron un producto de gran importancia para la ingeniería del siglo XIX; en el caso de tubos de plomo, un problema había sido resuelto por John Wilkinson al obtener una patente para fundir un tubo alrededor de una barra de acero en un molde; en 1838, este método sería desarrollado por C. Green para tubos de latón y cobre, utilizando un molde cilíndrico hendido para formar el tubo original, que luego era trellado a través de una serie de hileras de diámetro decreciente; este método, llegó a ser de práctica normal en Birmingham, Inglaterra, y se usó para fabricar tubos para los condensadores de las máquinas de vapor, durante más de cincuenta años. El método de extrusión se remonta a finales del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.), habiendo sido sugerido por Bramah en 1797; para 1820, T. Burr, plomero de Shrewsbury, ideó en Inglaterra un método sencillo en el cual, un pistón hidráulico forzaba al plomo a emerger en forma de tubo, al presionarlo entre una pieza circular y una hilera circular envolvente. Este procedimiento fue muy utilizado en la envoltura de cables eléctricos con plomo, sin embargo, no pudo aplicarse al cobre y sus aleaciones, que requerían ser trabajados a altas temperaturas. Para la fabricación de tubos de acero sin soldadura, se patentó un proceso satisfactorio en 1885, 25 años después de que la idea fuera concebida por el fabricante de acero alemán F. Mannesmann; en el proceso, una barra de metal caliente pasaba primero entre dos rodillos laminadores de eje oblicuo, que la dirigían contra el extremo cónico de un mandril que formaba la cavidad interna del tubo; Thomas Alva Edison consideraría a este invento, como el más impresionante de la Exposición Mundial de Chicago en 1893.

Una aplicación ingeniosa la constituyó el uso de la galvanoplastia en 1840, cuando G.R y H. Elkington la aplicaron para revestir chapas de metales comunes y aleaciones de cobre, latón o alpaca, con plata y oro, percatándose que existía un enorme mercado en las nacientes clases medias, de un tipo de artículo con apariencia lujosa.

En cuanto a la producción de armamento, la principal evolución hasta 1815, fue el gran aumento en la utilización del cañón, el cual, ganó movilidad al aparecer la artillería a caballo; al incrementarse en número, se redujo la longitud y peso medio de las piezas de campana fundidas en hierro o bronce, así como también la variedad de calibres; al mismo tiempo, se logró mayor precisión el la puntería gracias al uso del péndulo balístico para medir la velocidad del proyectil. En las armas ligeras no se produjeron cambios básicos, hasta que el sistema de disparo sufrió una revolución en 1809, con la aparición de la pólvora de percusión patentada por Alexander Forsyth, pastor presbiteriano escocés, aficionado a las competencias deportivas. A los diez años de la patente de Forsyth, la lleve de chispa - muy sensible a la humedad -, comenzó a ser substituida por un mecanismo precursor resistente a la intemperie. Mientras tanto la propia bala había sido rediseñada por el capitán J. Norton, al fabricar una bala cilíndrica ahusada de base hueca, que se dilataba al dispararse y obturaba de forma afectiva al ánima. En manos francesas, la idea fue plasmada en la bala Minié en 1849, al tiempo que Houiller, armero en París, presentaba la primera vaina de cartucho expansiva de cobre, que impedía el escape de gases por la recámara del arma; el rifle Minié fue adoptado por el ejército francés en 1852, abriendo el camino para la aparición del rifle de retrocarga, cuya rapidez de tiro se veía aumentada al tiempo que podía recargarse con mayor facilidad a diferencia del rifle de avancarga; sin embargo, el rifle Minié sería desplazado en Francia en 1866, por el rifle Chassepot, el cual, tenía un alcance de varios cientos de metros más que su predecesor.

Durante la Guerra de Secesión en los Estados Unidos, se inventó la ametralladora, la cual, tendría plena influencia hasta las guerras del siglo XX. La ametralladora comenzó siendo un rifle giratorio con 10 cañones, alimentado por la fuerza de gravedad y girado por una manivela y fue un invento de R.J. Gatling; la *metrailleuse*, que tenía 25 cañones dentro de un tubo cilíndrico de metal y que disparaba 125 tiros por minuto, le siguió en el tiempo para figurar como el "arma secreta" francesa en la guerra de 1870; pero sería la ametralladora de retroceso de Hiram S. Maxim de 1884, la que pese a su fácil recalentamiento y excesivo peso, se convirtió en el arma clave de la guerra de trincheras.

Por lo que respecta a la fabricación de buques de guerra, se puede mencionar que a partir del año 1827, se hizo patente la necesidad de construirlos de hierro y a la vez blindarlos, aunque la lección no fue aprendida hasta que una escuadra entera de fragatas turcas de madera, fuera arrasada por el cañoneo ruso en Sinop en 1853; para 1861, aparecería el *Warrior*, el cual, fue el primer buque de guerra totalmente fabricado en hierro con planchas de 11.5 centímetros de espesor; a los veinte años de su fabricación, el espesor estándar sería de 61 centímetros. Resta por mencionarse, dos nuevos usos que se dieron al metal en la guerra, éstos aparecieron cuando los rusos colocaron las primeras minas navales que consistían en recipientes metálicos llenos de explosivos, frente a Kronstadt en la guerra de Crimea. El torpedo autopropulsado, fue invención de un escocés llamado Robert Whitehead, que trabajaba en Austria en 1864; ya en 1890, su cuerpo de acero podía contener el aire comprimido necesario para propulsar una carga de 90 kilos a 29 nudos y durante 800 metros. Todo este período no hacía más que confirmar la observación de Lewis Mumford de que "el derramamiento de sangre corre paralelo a la producción de hierro".

## EL NACIMIENTO DE LA MAQUINA HERRAMIENTA.

La fabricación manual y dentro de límites de alta precisión de algunas de las piezas de las máquinas, no sólo era prohibitiva en términos económicos, sino simplemente imposible; la aceptación de estos niveles de precisión, no sólo hizo posible la aparición de nuevos inventos y diseños en las máquinas, sino que abrió el camino a los métodos de producción masiva, la cual, sería la característica esencial de la industria moderna. Aunque la necesidad de una mayor precisión fue el factor más importante que motivó a los ingenieros a dedicar más atención a la máquina herramienta (la máquina para fabricar las piezas y componentes de las máquinas), también influyó la frecuencia con que tenían que trabajar grandes piezas de metal de enorme peso. La máquina herramienta se convirtió en una característica importante de las últimas fases de la revolución industrial; de hecho, se ha afirmado que su rasgo esencial fue la fabricación de máquinas para hacer máquinas, sin embargo, la construcción y diseño de máquina herramienta, no fue un logro exclusivo del siglo XIX, pues sus comienzos se remontan a muchos años atrás; en el siglo XVIII, por ejemplo, los fabricantes de relojes e instrumentos científicos, usaban tornos y máquinas para roscar de extremada precisión, lo cual, nos recuerda que cuando se requiere gran precisión, los métodos de trabajo mecánicos no son sólo más económicos, sino indispensables. Los tornos de madera, se usaban aún antes de estas fechas, apareciendo en algunas obras medievales: de hecho, se les puede considerar como derivaciones del torno de alfarero, el cual, fue un instrumento procedente de la más remota antigüedad. No obstante, el uso generalizado de la máquina herramienta, es ciertamente un logro del siglo XIX. William Fairbairn subrayaría en su discurso inaugural como presidente de la British Association en 1861, que cuando llegó a Birmingham en 1814, todas las máquinas se hacían a mano y para 1861, todo se hacía por medio de máquina herramienta con una precisión que la sola mano del hombre jamás podría alcanzar.

Al hablar de los principios en que se basa el funcionamiento de la máquina herramienta, debemos considerar que existen sólo dos formas de movimiento en ellas, a saber: el movimiento rectilíneo y el movimiento circular, que pueden obtenerse fácilmente con mecanismos de relativa facilidad; de hecho, la mayoría de las máquinas herramienta, trabajan aplicando uno u otro de los movimientos o una combinación de ambos al estar fija o la máquina o la pieza sobre la que se trabaja; el barro por ejemplo, toma la forma en la rueda de alfarero a causa de su movimiento de rotación, combinado con los movimientos ascendentes y laterales de la mano del alfarero, la cual, desempeña un papel perfectamente comparable al desempeñado por la herramienta cortante de un torno. Un movimiento en espiral, necesario para lograr con exactitud la rosca de un tornillo, se puede obtener por medio de un movimiento circular y otro rectilíneo perpendicular al primero, si se ejecutan simultáneamente; el grado de la inclinación de la espiral, se puede controlar al variar la velocidad relativa de los dos movimientos. Una perforación se puede también lograr, al combinar un movimiento rectilíneo y otro circular, al penetrar la broca del taladro al momento de girar. El cepillado, por el contrario, permite disminuir el espesor de una pieza, al debastar su superficie con un movimiento rectilíneo a través de ésta. Sin embargo, es importante mencionar que muchas máquinas herramienta, no representan más que la mecanización de los métodos tradicionales de los artesanos.

La mecánica de precisión y la fabricación de máquinas herramienta, contribuyeron en gran parte a la construcción de tornos para roscar; los tornillos de rosca bien trazada, eran muy importantes para una gran variedad de propósitos como por ejemplo, para lograr el movimiento en el portaherramienta de los tornos, ya que cada giro del tornillo debía corresponder con toda precisión a un movimiento de avance lineal determinado; en los tornillos de rosca relativamente

ancha, se podían lograr con bastante exactitud usando terrajas, pero para tornillos largos y de rosca muy fina, como los empleados en los micrómetros, se requería el uso del torno; los primeros tornos para roscar plenamente satisfactorios, fueron construidos por el fabricante de instrumentos inglés Jesse Ramsden en 1770, cuya obra, tuvo consecuencias muy importantes en 1797, cuando Maudslay diseñó un torno para roscar de gran tamaño, muy usado por los mecánicos de entonces, para el cual probablemente se inspiró en el modelo de Ramsden, del que en distintas ocasiones se había publicado una descripción.

Al mejorar la precisión, se creó también una creciente necesidad de escalas tanto lineales como circulares, graduadas con gran exactitud para instrumentos como reglas y sextantes; para este objetivo se construyeron máquinas divisorias basadas en principios geométricos; los cuales, en las experimentadas manos de Ramsden, demostraron ser de gran utilidad cuando construyó la primera máquina divisoria capaz de trabajar a escala industrial; sus máquinas despertaron un gran interés y a principios del siglo XIX, se construyeron muchas de tipo similar. En Europa, Lenoir realizó trabajos de excepcional exactitud, pero quizá el constructor de instrumentos de precisión de más éxito en aquel entonces fue Henry Gambey; su máquina divisoria era más exacta que ninguna precedente, utilizándola en 1840, para graduar un gran círculo mural de 2 metros de diámetro para el observatorio de París, que permanecería en uso hasta 1920; entre sus refinamientos se hallaba el uso del control remoto, de forma que se evitaba la dilatación del metal producida por el calor corporal del operario.

En lo referente a los iniciadores de la máquina herramienta, es de lamentar que el único resto de la taladradora original de John Wilkinson, construida en 1775 en Inglaterra, sea una barra de taladrar de 4.5 metros; esta barra hueca era sin embargo, la parte esencial de la taladradora y estaba unida a la gran rueda de transmisión por uno de sus extremos y sostenida por un cojinete por el otro; el cabezal de corte iba montado sobre la barra con la cual giraba, y era movido hacia adelante por un vástago montado en el interior de la barra, mientras que el cilindro era sostenido en posición rígida sobre su cuna. Aunque su taladradora horizontal fue diseñada originalmente para fabricar cañones, Wilkinson tuvo durante unos veinte años, un virtual monopolio de la manufactura de cilindros para las máquinas de vapor de Boulton y de Watt. El siguiente personaje de importancia en el desarrollo de las máquinas herramienta fue Joseph Bramah, versátil inventor que contaba dentro de sus dieciocho patentes con un inodoro perfeccionado, una prensa hidráulica, una cepilladora para madera, el sistema de aspiración de la cerveza y un aparato para imprimir los números de serie de los billetes de banco; además de todo esto, Bramah construyó una máquina para enrollar muelles en espiral, en la que un tornillo de avance accionado por engranaje, hacía posible la manufactura de muelles de diversos pasos; esta máquina fue la precursora de la máquina para roscar de Maudslay, el cual, fue capataz en la fábrica de Bramah y después, fundó su propia firma en 1797, adquiriendo gran importancia tanto por las máquinas que inventó como por las personas a las que capacitó. Maudslay fijó nuevos niveles de precisión, debido en parte a que sólo usaba metales como materiales de construcción en lugar de la madera, y debido a que obligaba a sus trabajadores a verificar todas las superficies planas importantes como las correderas para las máquinas de vapor, con estrictas normas de precisión; fue el primero en popularizar entre los ingenieros el uso del portaherramientas para sujetar la pieza de trabajo móvil en la máquina herramienta. Posteriormente en el año 1800, produciría su famoso torno para roscar, el cual, contaba con un tornillo de avance unido al cabezal principal por medio de ruedas dentadas fijadas sobre tres husillos; el portaherramienta giraba sobre barras de forma prismática. Tornos similares habían sido diseñados en Francia y en Estados Unidos unos pocos años antes, pero el invento es comúnmente atribuido a Maudslay, quien logró ejecutar y reproducir roscas para



tornillo de gran precisión gracias a su micrómetro de tornillo que permitía trabajar con errores inferiores a 0.0001 centímetros. Maudslay ejerció una influencia perdurable sobre la industria británica de construcción de máquinas herramienta, al haber capacitado a dos de los tres más importantes constructores de máquinas herramienta de la siguiente generación: Richard Roberts y Joseph Whitworth, mientras que el tercero y más importante, James Nasmyth, había sido su ayudante personal, abriendo su propio taller después de la muerte de Maudslay. Roberts, quien también trabajó con Wilkinson, construyó en 1817, un torno dotado con cabezal de contramancha y el mismo año, hizo la primera cepilladora para metal, que todavía sigue en funcionamiento; pocos años después, sería introducida por otro antiguo empleado de Maudslay llamado Joseph Clemente, una máquina un poco más grande, la cual, durante diez años fue la única en el mundo capaz de trabajar una superficie de hasta 0.5 metros cuadrados de superficie; de hecho, su demanda fue tal, que se convirtió en su principal fuente de ingresos, produciéndole más de 20 libras esterlinas diarias; no obstante, Roberts inventó entre otras máquinas herramienta, una punzadora diseñada especialmente en 1847 para hacer los agujeros en los remaches del puente del ferrocarril sobre el estrecho de Menai, en Gales. Entre los inventos de Nasmyth, el más importante fabricante de la nueva generación, se encuentran una fresadora y una limadora, la cual, podía lograr cualquier tipo de superficie de tamaño reducido compuesta por elementos rectilíneos; sin embargo, es más conocido por su martillo pilón de vapor, diseñado en 1839 y que podía levantarse a mayor altura que el antiguo martinete de forja y bajar con gran fuerza, pero perfectamente controlado. A partir de ese momento, se pudieron forjar barras y chapas de hierro de mayor tamaño que el obtenido anteriormente; el gran martillo de Nasmyth podía descender "con sólo la fuerza necesaria para romper un cascarón de huevo" como lo indicaba el catálogo de la Gran Exposición de 1851; se usó también para hundir los pilotes en la construcción del puente de Newcastle en Inglaterra en 1849, logrando un ritmo de un golpe por segundo en lugar de un golpe por varios minutos, que era lo que se podía obtener con métodos anteriores. Posteriormente, Whitworth se estableció como fabricante de herramientas en Manchester, Inglaterra en 1833, con la intención de fabricar también máquinas herramientas para venderlas; como proveedor de herramientas se colocó muy por delante de todos sus rivales en las exposiciones de 1851 y 1862, de hecho, las 23 piezas que exhibió en el Palacio de Cristal, incluían varios tipos de cepilladoras, una de las cuales no sólo era de acción mecánica y automática, sino que iba equipada con poleas de guía que daban vuelta al portaherramienta al final de su recorrido, de manera que lograba cortar en ambas direcciones. Introdujo también una serie de mejoras en los tornos, incluyendo el diseño de una caja hueca para la bancada, que proporcionaba mayor rigidez para un peso dado, a la vez que protegía adecuadamente al importantísimo tornillo de avance contra el polvo y las limaduras. Estandarizó también las roscas de tornillo; hasta 1760, la creciente demanda de tornillos había sido atendida por medio de la producción en fábricas, habiendo sido patentada por J. y F. Wyatt; Whitworth, tras reunir todas las muestras de tornillo de todos los talleres ingleses que le fue posible, planteó sus dos propuestas: que el ángulo entre los lados de la rosca fuera de 55 grados y que el número de aristas por pulgada se especificara según el diámetro; sus recomendaciones se convirtieron en práctica generalizada en Inglaterra durante la década de 1860, pero en Europa, la firme difusión del sistema métrico decimal, impidió que tuvieran aceptación general, mientras que el gobierno de los Estados Unidos, adoptaba oficialmente en 1868 este sistema.

En cuanto a la maquinaria para el trabajo de la madera, apareció en 1802 una cepilladora rotatoria diseñada por Bramah y que permaneció en funcionamiento a lo largo de medio siglo; en esta máquina, la madera se movía hacia adelante y hacia atrás, sobre carros y por medio de una cadena sin fin y carriles de 12 metros de largo; por encima de todo ello, colgaba un disco provisto de guías y cepillos que se hacía girar por medio de una máquina de vapor a 90 revoluciones por

minuto. En 1827, sería diseñada por un antiguo empleado de Maudslay, una máquina que convertía los tablones en tablas para solar pisos con lengüetas y ranuras en sus bordes. Las máquinas para la obtención de formas irregulares, comenzaron con el torno para copiar medallones del siglo XVIII, siendo el torno más significativo, el diseñado en 1818 por el inventor estadounidense Thomas Blanchard; fue construido para la fabricación en serie de cajas para fusil y sería introducido en Inglaterra, poco después de la Exposición de 1851, como parte del *sistema americano*, el cual, consistía en mejorar la economía de la manufactura por medio de la producción de piezas totalmente intercambiables, siendo uno de los adelantos tecnológicos más importantes de la segunda mitad del siglo XIX y que sería aplicado principalmente en la fabricación de armas ligeras y de relojes, máquinas cosechadoras, de coser y de escribir entre otras.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, la demanda de nuevas máquinas originó el desarrollo de algunas nuevas máquinas herramienta; el progreso derivó también, de la disponibilidad de nuevos materiales para herramientas, así como también de nuevas fuentes de energía con las cuales darles movimiento; no obstante, el progreso técnico derivó en su mayor parte, de la mejora en los detalles de las herramientas ya en uso; este período, sería testigo del declinar de la proporción del trabajo manual pesado en la industria y de una mayor preocupación por la seguridad y comodidad de quienes manejaban las máquinas.

Un resultado de la aparición de nuevos materiales se reflejó en la vida útil de los mismos; en el caso de una máquina cortadora, su vida útil depende de la velocidad a la que es movida; para las herramientas de acero al carbono de 1850, ello significaba una velocidad máxima de unos 12 metros por hora. El acero inventado por Robert Mushet alrededor de 1865, que incorporaba wolframio y vanadio al mismo tiempo que se aumentaba la proporción de manganeso, permitía que se aumentara la velocidad en un 50%. Posteriormente aparecería a finales de siglo, el acero rápido que contenía cromo, elevando la velocidad de corte a unos 36 metros por hora; este cambio tuvo dos efectos sobre las máquinas herramienta en uso: primero, se requirió de mayor resistencia y mejor diseño, así como de cojinetes perfeccionados para soportar el esfuerzo, al tiempo que pudiendo emplear velocidades de corte más altas, se hizo conveniente encontrar un método más eficaz para cambiar de velocidad que el consistente en hacer simplemente que la correa de la transmisión del movimiento pasara por una polea de distinto diámetro; a partir de esta necesidad se introdujo en 1892 en los Estados Unidos, una caja de cambio para máquinas herramienta que permitía seleccionar las velocidades por medio de una palanca de mano; su uso se extendió rápidamente y hacia el año 1900, se había puesto también en uso un sistema de transmisión por fricción que permitía variar la velocidad del husillo a voluntad. Nuevos materiales como el carburo de silicio y el óxido de aluminio, surgieron a partir de 1890, para revolucionar las máquinas pulidoras, que desempeñaron un importante papel en la manufactura de los componentes de las máquinas de coser.

No obstante, a la larga, el cambio más importante fue la introducción de la energía eléctrica como fuente para el movimiento; de su aplicación a la máquina herramienta, se hizo una demostración pública en la Exposición de Viena de 1873, dándose a partir de este año, la sustitución del vapor para mover la red de correas aéreas de transmisión, característica por aquel entonces de la mayoría de las fabricas; para final de siglo, se podían encontrar motores eléctricos individuales incorporados en la estructura de las máquinas herramientas, tal y como es ahora práctica general.

En los Estados Unidos se introdujeron importantes mejoras en los tornos a partir de 1840; hacia 1855, las armas de la fábrica Robbins and Lawrence eran producidas con la ayuda de un torno revólver totalmente evolucionado, en el cual, se podían colocar hasta ocho herramientas en la torreta octagonal del torno, torreta que podía girar para presentar cada una de las herramientas en la posición adecuada para su eficaz funcionamiento; de tal modo que un solo operario, podía llevar a cabo ocho operaciones mecánicas distintas. Durante los años de guerra en los Estados Unidos, se construyeron tornos automáticos para roscar que fueron pronto seguidos por un notable torno con levas cilíndricas conocidas como *ruedas sabias*; las levas eran ajustables y controlaban tanto las herramientas de corte como la torreta -si se suministraba continuamente materia prima, la máquina podía estar trabajando tornillos o otras piezas pequeñas mientras durasen las cuchillas. En 1879 siguió a esta máquina, un torno automático para roscar aparecido en Inglaterra, que fabricaba tornillos de tres milímetros de diámetro a un ritmo de entre 80 y 150 piezas por hora, dependiendo de su longitud; tenía incorporado un sistema de rodillos para suministrar material a la máquina; para finales de siglo, las máquinas de este tipo habían aumentado de tamaño y potencia, siendo ya de uso común y constituyendo los primeros antecedentes de lo que hoy se conoce por automatización.

Un avance más importante tuvo lugar en el campo de las fresadoras, construidas por primera vez para su venta en 1848; en contraste con las limadoras, cepilladoras y tornos, su gran número de filos cortantes le permitía moverse con relativa mayor velocidad sin sobrecalentarse, teniendo además, la evidente ventaja de poder cortar figuras especiales en una sola operación; sin embargo, su uso fue durante largo tiempo bastante limitado, a causa de la dificultad de fabricarlas y de mantenerlas afiladas. En 1862, la firma estadounidense Brown and Sharpe, consiguió la que a partir de entonces ha sido reconocida como la primera fresadora auténticamente universal; esta máquina fue originalmente diseñada para hacer estrías en espiral para las nuevas brocas salomónicas, pero Joseph Brown después de diseñarla, observó que podía ser usada para reemplazar una gran cantidad de difíciles operaciones manuales; la máquina tuvo una enorme e inmediata aceptación en los Estados Unidos.

Con el aumento de la velocidad de giro en toda clase de máquinas y con la necesidad de transmitir mayor energía, se originó una creciente demanda de métodos para manufacturar engranajes hechos con metales muy resistentes y ajustados a normas muy estrictas; estos engranajes se siguieron produciendo principalmente con fresadoras moldeadas especialmente, aunque en 1877 ya se empleaban en los Estados Unidos máquinas automáticas para tallar engranes; hacia el año 1856, se había inventado un método alternativo conocido con el nombre de *hobbing*, en el que se hacía girar el primordio al mismo tiempo que la fresa.

## 4. LA TECNOLOGIA Y LOS MEDIOS DE TRANSPORTE.

### EL TRANSPORTE TERRESTRE.

#### EL SURGIMIENTO DEL FERROCARRIL.

El ferrocarril o carril para vagones es mucho más antiguo que la locomotora, habiendo estado siempre presente en el transporte del carbón en las minas. Mucho antes que las vías férreas modernas, se había desarrollado el propio carril, al que debe tomarse como punto de partida; el hierro había substituido a la madera como material para la fabricación de carriles a partir de 1738, pero su uso más extendido puede fecharse a partir de la fundición de carriles en Coalbrookdale, Inglaterra en 1767. En cuanto a su forma, lo más común era un carril ancho con un reborde vertical en el lado interior para mantener en posición las ruedas planas de las vagonetas, teniendo la ventaja de no privarlas de poder correr también a lo largo de los caminos públicos. Los contracarriles usados en conjunción con ruedas de reborde, fueron también un invento que data de un período muy anterior cuando se estaba haciendo de uso común, en la época en que Trevithick los usó en sus experimentos con locomotoras al sur de Gales y en Londres. El progreso ulterior se retrasó por la fragilidad del material de hierro colado, pero en 1820, los experimentos con hierro forjado culminaron con una patente para laminar barras de hierro forjado en forma de contracarriles, cuya durabilidad motivó su adopción para el ferrocarril Liverpool-Manchester en 1830, convirtiéndose en práctica de uso común. A mediados del siglo XIX, los ferrocarriles británicos empleaban por lo general, carriles de hierro en forma de doble T, no muy diferentes del moderno carril americano enchavetado en cojinetes sobre durmientes de madera. Con respecto al ancho de la vía, el primer ferrocarril público aparecido en Surrey y funcionando desde Croydon hasta Wamdswoth en 1805, tenía un ancho de vía de sólo 1,219 metros, que se adoptó en 1846 como la anchura oficial para las vías de ferrocarril, para ser cambiada en 1885 a 1.435 metros, bajo la influencia de la costumbre en Tyneside, donde éste era el ancho tradicional para las vagonetas de carbón, y en donde la sustitución de la tracción animal por la locomotora de vapor tuvo sus orígenes en la década de 1820; en los Estados Unidos y por aprobación del presidente Abraham Lincoln, también se adoptaría como norma oficial para la línea de la *Union Pacific* en 1885. En 1840, las primeras líneas importantes de Londres-Birmingham y Londres-Bristol, planearon sus líneas de manera que tuvieran una pendiente mínima, pero en 1840, se hizo posible que el ferrocarril Birmingham-Gloucester funcionara en un tramo de tres kilómetros, con un declive de 1 por 38 y dejaron de asustar las líneas previstas para Escocia. En cuanto a la velocidad y regularidad del servicio - dos cualidades en las que el transporte por carretera y por canal eran inevitablemente deficientes - se puede mencionar que en 1849, cinco locomotoras consiguieron entre Londres y Bristol, velocidades medias que excedían los 80 kilómetros por hora, mientras que la Guía de Bradshaw estaba anunciando horarios exactos de trenes durante diez años.

La multiplicación de los empalmes, las mayores velocidades y la intensificación del tráfico, exigieron el desarrollo de un complejo sistema de señales. En los primeros años se consideró suficiente colocar una señal con la leyenda de *peligro* durante un tiempo convenido, en la trayectoria de cualquier tren particular, siendo mayor el riesgo de este sistema por el hecho de que cada compañía tenía su propio tipo de señales. Poco después de un ensayo en la línea Londres-Croydon en 1840, se advirtió que el semáforo que había sido inventado por Chappe para transmitir las órdenes del gobierno revolucionario francés en 1793, era particularmente adecuado a las

necesidades del ferrocarril. A partir del año 1893, comenzó también a usarse para transmitir información entre las estaciones de telégrafo eléctrico en su forma más primitiva; el telégrafo eléctrico hizo posible introducir gradualmente el sistema por tramos, dividiéndose la trayectoria en varios puestos de señalización; no se admitía ningún nuevo tren en un tramo, hasta que la salida del precedente era confirmada por el guardavía en el extremo más alejado. Más avanzado el siglo, ésta llegó a ser la práctica normal en todas las principales líneas europeas. La combinación de agujas y señales, comenzó a utilizarse en importantes empalmes de Londres a partir de 1859, pero los países en donde las líneas eran más largas, contaban con vías únicas y un sistema de señales más simple; en los Estados Unidos, se utilizaron durante mucho tiempo, las órdenes telegráficas para los trenes con el objeto de controlar la vasta red de una sola vía, aunque ya en 1860, el ferrocarril de Londres había proyectado el sistema de *bastón piloto*, por el cual, el cambio de una señal hacía imposible que entraran por error dos trenes en la misma sección de vía única desde extremos opuestos.

La segunda mitad del siglo conoció grandes mejoras en los propios carriles; como en la construcción naval, el cambio principal fue la sustitución del hierro por el acero, que resultó ser unas quince veces más duradero. El primer trabajo en este sentido se hizo en Crewe, donde se fabricaba acero Bessemer y se laminaba en carriles, realizándose con éxito las primeras pruebas en 1862; para 1867, se estaban fabricando carriles en Pensilvania para el ferrocarril de los Estados Unidos en rápida expansión. Aunque los carriles de acero podían ser más ligeros que sus equivalentes de hierro, aumentaron de peso para adaptarse a las exigencias de trenes más pesados y rápidos; hubo también una mejora en las juntas de los carriles, los cuales, antes de 1850 eran enchavetados en sus extremos en un cojinete común, pero R.L. Stevens introdujo entonces en Estados Unidos las eclisas o planchas estrechas emperradas al alma de cada par de extremos de los rieles por ambos lados.

Desde el punto de vista del viajero, lo más notable de cualquier ferrocarril fueron sus estaciones; al principio servían tanto de cobertizos para los vagones como de resguardo para los viajeros, y aun cuando las grandes estaciones terminales urbanas comenzaron a tener enormes techos abovedados de hierro y acero, su espléndida espaciosidad venía exigida en gran parte por necesidades técnicas de ventilación e iluminación.

Hacia finales del siglo XIX, se recurrió en algunas zonas urbanas al costosísimo recurso de introducir el ferrocarril bajo tierra; se empezó en 1863 con el ferrocarril metropolitano en Inglaterra, que atravesaba el centro de Londres por un túnel construido justo por debajo de la calle. El primer metro en el sentido moderno, fue el ferrocarril de la City y el Sur de Londres, que fue construido como un túnel, funcionando con locomotoras eléctricas de 150 CV y siendo inaugurado en 1890, mientras que para final del siglo, la terminación de dos líneas más del metro en Londres, demostraron que se había encontrado una solución viable para el problema vial en las ciudades. Aun más importante para el futuro, fue la inauguración de la primera línea principal electrificada en los Estados Unidos en 1895, siendo instalada en un túnel de 6.5 kilómetros en Baltimore; el ferrocarril eléctrico era de 275 metros de largo y transmitía la corriente a su máquina de 3 CV, a lo largo de un carril central, habiendo sido mostrado en una exposición en Berlín en 1879; sin embargo, la mayor aplicación de la electricidad en el transporte de finales de siglo, se practicaría en los tranvías. La iluminación eléctrica en los vagones, se producía con una dinamo situada bajo el coche y se patentó en 1896, no obstante, un carro Pullman en Estados Unidos alumbrado eléctricamente, era importado a Londres en 1881, obteniendo la electricidad a través de baterías.

Aun más importante fue la necesidad de mejorar el sistema de frenado; para ello Robert Stephenson inventó un freno de vapor en 1833, sin embargo, todo lo que no fuera un freno de mano en el tándem y el furgón de equipajes, fue considerado como un lujo durante mucho tiempo; en 1875, en una prueba realizada en Newark, el freno del estadounidense Westinghouse que funcionaba por aire comprimido - continuo y automático en caso de división del tren - demostró su capacidad para parar un tren de 200 toneladas a 80 kilómetros por hora, en menos de 300 metros; en 1879, fue patentado por J.A.F. Aspinall en Inglaterra, un eficiente freno de vacío, pasados 35 años de que Nasmyth obtuviera la primera patente al respecto; sin embargo, hasta que murieron 80 personas en una colisión cerca de Armagh en 1889, se hizo obligatorio el uso de frenos mecánicos continuos y automáticos en los trenes de pasajeros británicos.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, la longitud de los ferrocarriles británicos aumentó de 10650 a 35160 kilómetros aproximadamente, mientras que el número de pasajeros transportados aumento de 73 a 1142 millones al año; el peso total de las mercancías transportadas aumentó de 90 millones de toneladas en 1860 a 235 en 1880 y a 425 millones de toneladas anuales en 1900.

Cuando la locomotora de vapor comenzó a desplazar a la tracción animal para el transporte de larga distancia por carril, el omnibus de caballos traído de París a Londres en 1829, comenzaba a ser un vehículo popular. Los carriles tenían obvias ventajas para un vehículo pesado arrastrado a lo largo de superficies de adoquines, de modo que el primer coche de tranvía - con una caja de omnibus con 30 asientos y montada sobre 4 ruedas de reborde - corrió a lo largo de Bowery, Nueva York en 1832; el sistema se extendió a otras ciudades de Estados Unidos, a París en 1855 y a Londres en 1860. Como los caballos o mulas hasta en número de cuatro, mantenían una velocidad media de entre 9.5 y 11 kilómetros por hora, se hizo uso de la fuerza motriz producida por el vapor, a veces por medio de un cable subterráneo de alambre, que estaba unido a una máquina fija y con mayor frecuencia, por medio de una locomotora acoplada al coche; en otros lugares, por el contrario, se mantuvo la tracción animal hasta la década de 1890. Los tranvías eléctricos, que obtenían su energía de tendidos aéreos, estaban ya en uso en Alemania hacia 1884, habiendo sido construido el primer sistema general de tranvías de trole aéreo de los Estados Unidos en Richmond, Virginia en 1888. En Inglaterra, la tracción eléctrica fue instalada con éxito en Leed en 1891; siguieron otras grandes ciudades, sin embargo, diez años después, Londres no tendría tendidos más de 25 kilómetros.

## EL LOCOMOVIL DE VAPOR.

A primera vista, resulta algo notable que ni el vapor ni la electricidad hubieran hecho posible todavía un vehículo para carretera satisfactorio para todos los usos; el primer precursor fue N.J. Cugnot en Francia, quien en 1769 hizo moverse a paso de andadura, un vehículo de tres ruedas impelido por vapor; la idea había llamado también la atención del inventor americano Oliver Evans y del empleado de Boulton y Watt, llamado William Murdock, antes de que Trevithick construyera sus vehículos de vapor; le siguió un colega de Cornualles, Sir Goldsworthy Gurney, quien en 1831, perfeccionó un vehículo de vapor que proporcionó servicio regular entre Gloucester y Cheltenham, recorriendo 14.5 kilómetros en 45 minutos; a los tres años existía ya un omnibus impelido por vapor en Londres, que cubría un trayecto de unos 13 kilómetros en menos de una hora, consumiendo un saco de coque; al poco, aparecieron vehículos similares en otras grandes ciudades. El locomóvil de vapor para carretera inventado por Thomas Rickett en 1858, parecía un curioso cruce entre una máquina de ferrocarril y un coche para inválido; tenía tres asientos detrás

de la palanca de maniobra, llevaba un fogonero de pie en la plataforma de atrás, y la fuerza le era transmitida sólo a la rueda trasera derecha. Siguiéron otros modelos que variaron desde un coche de vapor enteramente cerrado y que podía pesar unas 4.5 toneladas, hasta el triciclo de vapor, fabricado en Francia en la década de 1880; uno de los fabricantes de triciclos de vapor fue Leon Serpollet, quien inventó un generador instantáneo de vapor, que funcionaba bombeando una pequeña cantidad de agua a través de serpentines al rojo, los cuales, eran hechos con tubería de acero al níquel; este generador lo adaptó a un motor de cuatro cilindros para un coche de vapor en 1894, llegando a ser bien conocido en Inglaterra y Francia, gracias al apoyo financiero estadounidense. Al final del siglo XIX, llegó también el éxito a los Estados Unidos, cuando un motor de dos cilindros provisto de un quemador de petróleo, fue utilizado por los hermanos Stanley para mover un vehículo de madera con dos asientos y con un peso total de sólo 350 kilos; sus coches de vapor gozaron de una boga considerable hasta que llegó la nueva era en la que el FORD modelo T, barrió con el mercado.

Sin embargo, sólo la máquina de tracción a vapor tuvo un largo futuro; ya en 1871, existía un tipo de locomóvil de vapor para carretera con cubiertas de caucho macizo que se fabricaba en Aberdeen, Inglaterra, y que fue exportado hasta la India, donde jaló de omnibuses de dos ruedas. Sin embargo, el aspecto principal de su desarrollo, lo constituyó el arado de vapor, puesto en servicio por primera vez alrededor del año 1850, en forma de máquina portátil colocada al extremo de un campo para arrastrar un arado a lo largo del mismo, a través de un cable metálico; seis años después, se juzgó más conveniente que la misma máquina, se moviera de un lado a otro del campo. En 1870, la máquina de tracción movida por vapor, con el cilindro por delante de la caldera, con transmisión por engranes y dirección de las ruedas desde el asiento del conductor, había alcanzado su forma moderna; su fuerza de tracción era muy grande, por lo que pasó mucho tiempo antes de que los pesados tractores y remolques de gasolina, pudieran competir con ella eficazmente.

El locomóvil de vapor para carretera era practicable pero molesto; por el contrario, el vehículo eléctrico autosuficiente era un modelo de transporte ideal pero impracticable; su historia comienza cuando los acumuladores adecuados se hicieron accesibles a partir de 1880, siendo producidos experimentalmente a partir de entonces un triciclo, un cabriolé y un *dog-cart* en una rápida sucesión. Para 1899, un coche fusiforme construido por un belga, estableció un récord mundial de velocidad en tierra de casi 106 kilómetros por hora; no obstante, en el mismo año, la London Electric Cab Company, con 36 cabriolés en uso y más de ese número en construcción, se extinguió después de sólo dos años de funcionamiento; estos cabriolés son descritos como pesados, lentos y espasmódicos, sin embargo, sus contemporáneos competidores tenían también sus limitaciones; su diseño era atractivo, y aunque la batería limitaba el recorrido a 80 kilómetros con una carga, se tomaron medidas para su rápida reposición; no obstante, la limitación impuesta por la necesidad de llevar y recargar pesados acumuladores, impidió que los coches eléctricos se hicieran populares, otorgando el futuro al automóvil de gasolina.

## LA BICICLETA.

La bicicleta aportó una nueva vida a las carreteras, aventura a los jóvenes y emancipación al sexo femenino; fue además, un acontecimiento tecnológico que en las décadas de 1880 y 1890, hizo mucho para transformar las horas de ocio del hombre civilizado. La idea de propulsarse uno mismo con los pies al estar sentado a horcajadas en una máquina de dos ruedas, es anterior al

siglo XIX, pero fue en 1818 cuando el barón Drais patentó su *draisina* en Alemania; ésta contaba con una almohadilla en la parte delantera del cuadro para que el que la montaba, pudiera apoyarse hacia adelante y obtener el máximo impulso de sus piernas; la primitiva barra de la dirección tenía una importancia adicional por el hecho de no existir un freno; los pedales unidos a la rueda trasera, fueron añadidos unos veinte años después por un escocés llamado K. Mcmillan, quien introdujo también un freno; no obstante, fue un francés de nombre Pierre Michoux, quien en la década de 1860, situó los pedales directamente en una rueda delantera y formó una compañía para fabricar sus *velocipedos*. La industria de la bicicleta, comenzó así en Francia, desde donde se extendió a Inglaterra en 1869; quince años después, existían más de 200 modelos en el mercado, incluyendo los bicis con ruedas paralelas, los triciclos y los vehículos de cuatro ruedas. Durante largo tiempo, la bicicleta ordinaria fue aquella en la que el ciclista estaba en equilibrio precario sobre la rueda delantera, la cual, se hacía tan grande como era posible, de modo que cubriera la mayor distancia posible a cada revolución de los pedales; la aparición de la transmisión por cadena en la rueda trasera, fue lo que permitió la aparición de la *bicicleta de seguridad*, en la que se conseguía un equilibrio más satisfactorio, así como una mejor dirección y sistema de frenado, al volver a colocar al ciclista entre dos ruedas de igual tamaño; este tipo de máquina fue bosquejada por primera vez en 1876, sin embargo, su éxito comercial no se consiguió hasta la aparición de la bicicleta de Rover en 1885. Hacia finales del siglo XIX, aparecieron otras dos innovaciones importantes en la bicicleta; una de ellas fue la rueda libre y la otra, la mejora de la dirección al curvar la horquilla para alinear la columna de la dirección con el punto de contacto entre la rueda y el suelo. En 1888 J.B. Dunlop, un veterinario de Belfast, Irlanda, inventó para su hijo de diez años el neumático, el cual, había sido patentado ya en 1845, pero en aquel tiempo la demanda de carruajes de tracción animal que corrieran más suavemente, no fue razón suficiente para su éxito comercial; mientras que en un carruaje, la mayor parte de la vibración producida por la sacudida de las ruedas, era absorbida por la suspensión, el contacto del ciclista con el suelo, era mucho más directo, de modo que el neumático se convirtió rápidamente en parte del equipo normal; el mismo invento, sería aplicado también a las necesidades del recién llegado automóvil.

## EL SURGIMIENTO DEL AUTOMOVIL.

Aunque los vehículos de gasolina en su forma moderna se habían desarrollado a finales de siglo, produjeron su impacto social más tarde, a diferencia de los vehículos propulsados mecánicamente que consideramos anteriormente. Se dice que un inventor austriaco llamado Siegfried Markus, montó un motor de combustión interna en un carro de mano hacia el año 1864; el Museo Técnico de Viena, guarda todavía un vehículo construido por él diez años después; este vehículo es un objeto pesado y tosco, con un motor de cuatro tiempos monocilíndrico, capaz de alcanzar una velocidad máxima de 8 kilómetros por hora; cuenta con un volante de mano que hace girar sobre un eje todo el avitrón al igual que en un carro. Sin embargo, nada surgió de los inventos de Markus y por lo general, Karl Benz, natural de Mannheim, puede ser considerado con propiedad el padre del automóvil; su vehículo ligero monocilíndrico, construido en 1885 y conducido al año siguiente por las calles de Munich, tenía un cigüeñal vertical en la parte posterior del coche y una transmisión por correa, que podía moverse desde una polea fija a una polea loca, actuando así como embrague para permitir al motor entrar en punto muerto; una pequeña palanca de mano controlaba la única rueda delantera y la velocidad que alcanzaba era de unos 13 kilómetros por hora. Ocho años después, Benz perfeccionó su diseño con un coche de cuatro ruedas con cigüeñal horizontal, a la usanza de los coches modernos, y con transmisión por correa con velocidades; este coche de 3.5 CV, se construyó por cientos a finales del siglo. El lanzamiento del



primer diseño de Benz, fue seguido inmediatamente por el primer motor de gran velocidad de Gottlieb Daimler, alemán establecido en Württemberg; su motor compacto vertical y monocilíndrico, revolucionaba mucho más rápido que el de Benz y fue probado en una motocicleta en 1886, para el siguiente año, se instalaría en la parte trasera de un coche experimental. Daimler realizó posteriormente varios diseños con automóviles de cuatro ruedas, todos por transmisión por correa y que se construyeron en la fábrica de Cannstatt, cerca de Stuttgart, siendo los antecesores de los autos Mercedes.

Los franceses comenzaron con motores Daimler construidos bajo licencia en París, no obstante, desarrollaron rápidamente un diseño propio, iniciado en 1891 por Panhard y Levassor, que con modificaciones de detalle impondrían nuevas directrices en el resto de los fabricantes; el motor delantero de dos cilindros, iba conectado a través de un embrague de fricción a una caja de cambios de tres velocidades, desde donde se hallaba una transmisión central por cadena hacia el puente trasero, incluyendo un engrane diferencial.

A partir de 1895, los diseñadores ingleses y estadounidenses comenzaron a tener mayor influencia; el primer *Wolseley* de tres ruedas, fue diseñado por Herbert Austin mientras era empleado en la *Wolseley Sheep Shearing Machine Company*; este coche, tenía un motor compensado de dos cilindros y opuestos horizontalmente, montado sobre una estructura tubular de acero; una cadena de rodillos unía una caja de cambios a la única rueda trasera y el motor de 2 CV era refrigerado por aire. Sin embargo, tecnológicamente fue un diseño más avanzado el de F. W. Lanchester, quien era un distinguido ingeniero aun antes de diseñarlo; fue el primero en estudiar al nuevo vehículo desde principios originales: los primeros diseñadores, habían estado influidos por el diseño y la construcción de los carruajes de tracción animal, de hecho, el nombre inicial de *coche sin caballo*, indica la herencia del pasado; varias características que introdujo Leichester entre 1895 y 1896, se pueden encontrar en todos los autos modernos; el motor monocilíndrico refrigerado por aire en su primer coche de 5 CV, tenía además una caja de cambios epicicloidal, que proporcionaba tanto la marcha corta como la marcha hacia atrás, así como también la marcha directa; contaba además con ruedas de radios de alambre tangencialmente dispuestos, así como con neumáticos Dunlop. En el siglo XX, a partir de la aparición de la Ford Motor Company en 1903, el resto de las compañías resultarían insignificantes en cuanto a la extensión de sus operaciones; Henry Ford había puesto su primer coche en circulación en 1896, habiéndolo tenido bajo estudio desde 1890; este coche, tenía un motor de dos cilindros refrigerado por agua, que estaba colocado en la parte posterior, contaba además con transmisión por correa y se manejaba con una palanca de mano, mientras que sus ruedas de radios de alambre estaban cubiertas de caucho macizo; su velocidad máxima de 40 kilómetros por hora, no era inferior a la de los vehículos europeos de la época. Ford mejoró el coche en su segundo modelo, para lograr en 1908 que el mundo se aficionara a los automóviles, gracias a la producción en serie de su modelo T, que vendió durante 19 años y sin sufrir mayores cambios de diseño, un total de 15,000,000 de unidades.

## LA MOTOCICLETA.

La motocicleta nació cuando Daimler aplicó su motor de gasolina de gran velocidad a una bicicleta, siendo objeto de una patente en 1885; el motor estaba montado verticalmente entre las ruedas, mientras que la fuerza motriz se transmitía a la rueda trasera, mediante una correa de cuero que se apretaba o aflojaba a voluntad; sin embargo, se desconoce si las pruebas operativas de

esta motocicleta tuvieron éxito. Una segunda bicicleta de motor con transmisión mediante cigüeñales y bielas, fue construida en Alemania en 1893 para ser perfeccionada y fabricada en Francia en 1895. Finalmente, los hermanos Werner, rusos establecidos en Francia, ensayaron la colocación de un pequeño motor en una *bicicleta de seguridad*; su primera patente fue la de un sistema de transmisión aplicado a la rueda delantera al estar situado el motor por encima de ésta; sin embargo, para 1900, llevarían de nuevo al motor a su posición equidistante entre las ruedas, la cual, había sido dispuesta por Daimler en su modelo original; éste se convirtió en el prototipo de la motocicleta moderna, que saltó a la popularidad en los años inmediatamente anteriores a la primera guerra mundial.

## EL TRANSPORTE MARITIMO.

El barco de vela y de madera del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.) con su tamaño limitado por las propiedades mecánicas de la madera, así como su forma y aparejo determinados por larga experiencia, no se consideraba como un medio de transporte que admitiera un nuevo desarrollo sustancial. De mayor valor para el funcionamiento del barco en el mar, fue por el contrario, el uso del cobre para forrar el fondo de los barcos, que se probó durante la Guerra de Independencia Estadounidense; se encontró que el cobre resistía al teredo que infestaba las aguas tropicales, de modo que ya no fue necesario carenar los barcos en las islas antillanas y en otros sitios, para quitar su incrustación al quemarlas. Por el mismo período, creció la demanda del uso del hierro en la estructura del barco, tanto para economizar madera como para lograr mayor solidez; lentamente fueron puestas en uso curvas de refuerzo, curvas capuchinas y tornapuntas de hierro. Por otro lado, aunque Edmund Cartwright y otros habían realizado grandes avances en la cordelería, en 1880 Sir Samuel Brown, oficial e ingeniero naval, activó la puesta en uso de cables para ancla y obenques de hierro. En 1869, la apertura del canal de Suez - sólo transitable para buques de vapor - marcó el principio del fin para todos los barcos de vela en el comercio rápido con Oriente; por ello se puede afirmar que el milenarismo diseño del barco de vela, alcanzó su culminación con barcos como el *Ariel*, construido en Greenock, Escocia, con 60 metros de longitud y 10,3 metros de ancho, compitiendo en el *Taeeping* a lo largo del Canal de la Mancha en 1866 a velocidades de hasta 14 nudos: ambos barcos atracarían en el Támesis en la misma marea, a los 99 días de su salida desde el fondeadero de Pagoda.

Por entonces, la construcción en madera se estaba extinguiendo al igual que la propulsión a vela; el hecho de que se considerara perjudicial para el té su transporte en cascos de hierro, fue la única razón para retrasar su adopción en los barcos mercantes de té. El *Taeeping* y el *Ariel* son ejemplos de un compromiso temporal conocido como construcción mixta: estaban construidos en tabla de teaca sobre cuadernas de hierro; también de hierro era el palo macho, mientras que los obenques eran de alambre, con la finalidad de soportar la tremenda presión que recibían sobre sus velas; no obstante, hasta la década de 1840, el 90% de los barcos mercantes eran construidos con madera. En 1787, John Wilkinson botó en el río Severn una barcaza de unos 21 metros, hecha de planchas atornilladas de hierro colado y para 1802, existían varias en los canales en torno a Birmingham. En Escocia, la primera barcaza de hierro, fue diseñada en 1816 por un emprendedor oficial que regresaba de su servicio en el nizam de Haiderabad, siendo construida por un carpintero y dos herreros; fue empleada con éxito durante medio siglo para transportar carbón por el Firth of Clyde. En el año 1822, el primer buque de vapor y de hierro, fue montado en el Támesis con piezas prefabricadas en una herrería de Staffordshire, con el objeto de cruzar el Canal de Suez. En 1833 y 1844, dos tempranas ocasiones, los barcos de hierro demostraron su solidez al resistir

después de haber embarrancado en arriesgadas condiciones. La gran firma de construcción naval conocida más tarde como Cammell Laird, empezó a utilizar el hierro en Birkenhead en 1829, mientras que el ingeniero William Fairbairn lo hizo en el Támesis en 1936.

Frente a la falacia fácilmente refutada con los hechos, de que un barco de hierro no flotaría, había que enfrentar las sólidas ventajas de mayor fortaleza y economía de producción, así como también la posibilidad de construir barcos de mucha mayor longitud; fue posible construir un barco de hierro bastante fuerte como para prescindir de la quilla, construyéndolo con cualquier longitud deseada, mediante planchas de hierro; éstas iban de popa a proa en serie al igual que en los barcos de madera, colocándose en un principio en tringladillo; a partir de 1850, se unían a tope con remaches a través de las cuadernas, logrando que las juntas entre las planchas fueran impermeables al mantillarlas. En diciembre de 1853, Isambard Kingdom Brunel, firmaba el contrato para construir el "gran barco de hierro": este famoso ingeniero de ferrocarriles y puentes, había proyectado ya dos buques de vapor de gran éxito para el servicio transatlántico: el *Great Eastern* o primer buque de vapor, y el *Great Britain*, un buque de vapor de hierro que funcionó durante treinta años.

El *Great Eastern*, constituyó un audaz intento para vencer el gran obstáculo existente para el desarrollo del barco de vapor: o sea que el hecho de que el carbón para operarlos, ocupara tanto espacio que no dejara sitio para otros géneros de lucro fuera de los pasajeros y el correo, pues apenas existían puertos donde cargar carbón a lo largo de las extensas rutas oceánicas; sin embargo, el *Great Eastern* anunció las grandes posibilidades estructurales del hierro con gran éxito; además, contaba con alojamiento para 4000 pasajeros, dispuesto sobre un total de cinco cubiertas y su arqueo era de 18918 toneladas; contando con un casco de 6250 toneladas, compuesto por 30 000 planchas unidas con 3 000 000 de remaches. Su defecto fatal consistió en subestimar la cantidad de carbón que necesitaban sus motores combinados con ruedas de paleta y hélices que desarrollaban 6600 CV, para conducirlo a la velocidad proyectada de 14 nudos; el tiempo de navegación requerido para su viaje inaugural de ida y vuelta de Inglaterra a Australia, era de unos 75 días; los peñoles de carbón contenían 12 000 toneladas, pero la diferencia entre el consumo de carbón previsto y el que se consumía en realidad fue del orden de un 75%.

Hacia finales del siglo XIX, la sustitución del hierro por el acero como material de construcción naval, constituyó el cambio más notable. El tipo de construcción más ligera que este material hizo posible, derivó en un aumento en la velocidad de los barcos; así, la botadura de un barco rápido de acero para la Armada Británica en 1877, marcó el momento en que inició un cambio veloz, de tal forma que a finales del siglo, el hierro había sido completamente reemplazado. Los métodos de construcción en acero, eran similares a los de su construcción en hierro, pero se ahorraba por lo general, una quinta parte en el espesor del material; los buques *Campania* y *Lucrania* que la línea Cunard construyó en 1893 con máquinas de vapor de 30 000 CV, representan la culminación en la construcción naval del siglo XIX; estos barcos tenían más de cuatro veces la potencia del desafortunado *Great Eastern*, careciendo de aparejos para velas y siendo diseñados para llevar la mitad de pasajeros a menos de la mitad de distancia; las nuevas chapas de Cunard eran por lo general de 7.5 x 1.8 metros y pesaban 2 toneladas, mientras que las de su antecesor habían sido de 3 x 0.8 metros, con un peso de 375 kilos.

Se estima que las marinas mercantes del mundo, totalizaban en el año 1800, unas cuatro millones de toneladas netas, que constituyó el doble de la cantidad calculada por Sir William Petty para el año 1666. El desarrollo del comercio durante el siglo XIX, puede valorarse por el hecho de

que el tonelaje total, se había duplicado en 1840 y vuelto a duplicar en 1860; para 1886 - que fue el primer año de los circuitos precisos de ida y vuelta - era de 17 910 000 toneladas y 20 531 000 toneladas para 1900; esta cifra es impresionante, ya que dos tercios de ella, correspondían al arqueo de los vapores que realizaban por término medio, un trabajo anual cuatro veces superior al de los barcos de vela de la misma carga, generalmente más lentos y menos precisos en sus movimientos.

## INICIACION DE LA CONQUISTA DEL AIRE.

El hombre siempre ha querido volar; los chinos elevaron cometas, incluyendo posiblemente cometas portadoras de hombres en el primer milenio a.C. (999 - 1 a.C.). Las investigaciones y especulaciones de Leonardo da Vinci acerca de los problemas del vuelo, representan la intensificación en el Renacimiento, de un interés que se puede hacer remontar a través de la Edad Media hasta el mundo griego y romano. En el siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.), Emanuel Swedenborg presentó un detallado diseño de un ingenio volante de poco peso de tipo ornitóptero; las alas, que habían de extenderse al batirlas hacia abajo y plegarse al batirlas hacia arriba, funcionaban por medio de muelles controlados por el aviador, mientras que la estabilidad se lograba con un peso suspendido debajo del centro de gravedad. Aun siendo interesante, no hay pruebas de que se hiciera ningún intento serio de poner en práctica el diseño de Swedenborg. Un jesuita del siglo XVII (1600 - 1699 d.C.), Francesco de Lana-Terzi, fue el primero que pareció entender que la flotabilidad en el aire, se rige por el mismo principio de Arquímedes para la flotación de objetos sólidos en líquidos. No obstante, las ascensiones en globo con éxito, empezaron en Francia en la época de Lavoisier y los enciclopedistas; el hecho de que en las primeras ocasiones se empleara aire caliente, obedeció al desconocimiento de las propiedades del hidrógeno, descubiertas en 1776, que llevaron a la utilización de este gas para construir un ingenio elevable más eficaz.

Los dos primeros vuelos con hidrógeno, se hicieron desde París a finales de noviembre y principios de diciembre de 1783 respectivamente, por dos parejas de intrépidos franceses, incluido en la segunda ocasión el famoso físico J.A.C. Charles, que había sugerido el uso del hidrógeno y después continuó solo, hasta alcanzar una altura de 2700 metros. Apenas había pasado un año, cuando se realizó la primera travesía del Canal de la Mancha. En el curso del siglo XIX, los globos fueron usados en meteorología y para el estudio de la atmósfera superior, logrando alturas de hasta 7500 metros; para ocasionales fotografías y transportes de emergencia - como durante el sitio de París en 1870 - e incluso para un malogrado intento de alcanzar el Polo Norte. Se utilizaron globos cautivos para observación militar ya en la batalla de Fleurus en 1794, por el ejército federal en la Guerra Civil estadounidense, así como por los ingleses en África del sur, por no hablar de propuestas imaginativas, tales como la participación en una invasión napoleónica en Inglaterra. Sin embargo, el principal uso del globo se hizo en las ferias y fiestas - en 1810 se celebró la toma de posesión de un nuevo rector de la universidad de Oxford con una ascensión en globo - a menudo como espectáculo nocturno iluminado por fuegos artificiales o dramatizado por saltos en paracaídas. No obstante, mientras el globo estuvo a merced del viento, su utilidad práctica fue limitada.

El problema de la propulsión era difícil, aún después de haber tomado la medida preliminar de dar forma alargada a la envoltura; el motor requerido - ligero pero potente - no estuvo disponible hasta el desarrollo del motor de gasolina. En 1852, el ingeniero francés Henri Giffard experimentó con una máquina de vapor de 3 CV que movía una hélice trípala, alcanzando con ella la velocidad

mínima para poder gobernarla. En 1884, un globo equipado con un motor eléctrico de 9 CV e impulsado por baterías especialmente ligeras, alcanzó una velocidad de 22.5 kilómetros por hora y al final del siglo XIX en Francia - donde se habían llevado a cabo estos experimentos - se estaban construyendo dirigibles grandes y pequeños, en los que lograron volar con considerable éxito, algunos aviadores como el brasileño Santos-Dumont; todos ellos eran dirigibles de presión o deformables, en los que el gas mantenía la forma de envoltura.

Los alemanes adoptaron el plan alternativo de construir un dirigible rígido, cuya estructura aerodinámica encerraba una serie de balones para gas independientes; la barquilla, donde iban el motor y la tripulación, estaba suspendida por debajo; estos dirigibles, fueron construidos de dimensiones mucho mayores que los del tipo deformable, resultando un fracaso el primer intento de hacer volar uno en 1897; no obstante, fueron promovidos con entusiasmo por el conde F. von Zeppelin, quien lanzó en el verano de 1900 el primero de una larga serie a la que llegó a asociarse su nombre. Desempeñaron un papel tan espectacular en los primeros años de la primera guerra mundial, pese a su ineficacia, que la virtual extinción del dirigible en la década de 1930, difícilmente pudo haber sido prevista en aquellas fechas.

Un problema importante nunca resuelto de manera satisfactoria, fue el de obtener con seguridad, la necesaria elevación; el hidrógeno es con mucho, el más ligero de los gases conocidos, pero mezclado con el aire es violentamente explosivo, siendo la causa de numerosos desastres. El helio, descubierta en 1895 pero no disponible comercialmente hasta mucho más tarde y en cantidades limitadas, es inerte por completo, pero tiene sólo un cuarto de la fuerza ascensional del hidrógeno.

El aparente futuro de los dirigibles y la posibilidad real de la imitación del vuelo de un pájaro, alejaron a muchos inventores del correcto enfoque del problema del vuelo, al que se llegaría a través del cometa y el planeador. El padre de la moderna navegación aérea fue Sir George Cayley, quien no sólo vio que las alas fijas eran esenciales, sino que en 1804 comenzó sus experimentos de vuelo con modelos de planeadores desde las cimas de las colinas. Continuo sus pruebas durante casi medio siglo, en el curso del cual se cree que consiguió el éxito dos veces, al extremo de hacer volar un planeador durante corta distancia con un tripulante humano.

Los experimentos con planeadores, dirigidos a asegurar la estabilidad y el control con una máquina de tamaño natural, continuaron después de la muerte de Cayley, en cuyos principios se basó el alemán Otto Lilienthal y su seguidor inglés P.S. Piicher. En la década de 1890, Lilienthal realizó más de mil planeos en su llamado *planeador de piloto suspendido*; Piicher consiguió también realizar vuelos remolcados; sin embargo, estos dos inventores se mataron en accidentes de planeo en 1896 y 1899 respectivamente, siendo imposible de saber lo que habrían logrado, al seguir con sus ideas de aplicar motores a sus planeadores - ideas en las que trabajaron en sus últimos años -. Es muy posible que hubieran podido adelantarse al éxito de los hermanos Wright, quienes también hicieron un estudio sistemático del planeo antes de intentar el vuelo con motor.

Mientras tanto, se habían realizado experimentos a partir de 1827 para perfeccionar una cometa monoplaza que levantar a un hombre, tal como pudieron haber sido las grandes cometas elevadas por los antiguos chinos; sin embargo, no se consiguió ningún resultado práctico hasta que L. Hargrave inventó en Australia en 1893, la cometa de caja con superficies sustentadoras biplanas más eficiente; este invento influyó en las ideas de Piicher cuando se produjo su muerte. Entre otros inventores que se dieron cuenta del significado de la cometa de caja, estaba el

ingeniero francés Octavio Chanute, uno de los iniciadores del planeo, quien transmitió la noción de la estructura biplana atirantada a los hermanos Wright, y los animó también en otros sentidos.

Aunque el planeador fue de suprema importancia, sería erróneo ignorar otros progresos del siglo XIX que prepararon el camino para el logro final de los hermanos Wright; por ejemplo, hubo un fabricante de encajes de Chard llamado John Stringfellow, que en 1884 logró hacer volar un aeromodelo de alas fijas con un alambre. Desde la década de 1850, existieron aeromodelos que despegaron del suelo y volaron utilizando varias clases de fuerza motriz como goma elástica retorcida, mecanismos de relojería y vapor o aire comprimido. Los franceses fueron los más eminentes inventores en este campo. Hubo incluso un diseño en forma de flecha que se intentó propulsar por un chorro de vapor; éste, al igual que el invento del cohete Hale con aletas estabilizadoras para fines militares, se anticipó casi cien años al más espectacular avance del hombre en la aeronáutica de mediados del siglo XX. En 1896, la utilización de modelos, culminó con la hazaña de un profesor estadounidense de astronomía llamado S.P. Langley, cuyo monoplano movido por vapor y con una envergadura de casi cinco metros, pudo volar 1200 metros.

Sin embargo, el acontecimiento que verdaderamente marca en fin del siglo XIX, ocurrió el 17 de diciembre de 1903; un biplano de hélice propulsora sin cola y con un motor de gasolina de 12 CV, logró volar gracias al fabricante de bicicletas estadounidense Orville Wright, después de haberlo construido junto con su hermano Wilbur; el primer vuelo no cubrió más de 36.5 metros y duró 12 segundos, pero lo que había sido triunfalmente demostrado, era la capacidad del hombre para trasladarse por el aire, usando una maquinaria más pesada que el aire y controlando la velocidad, la altura y la dirección. No obstante, la prensa de aquel país ignoró totalmente el acontecimiento, y hasta 1908 no se adoptó en los Estados Unidos y Europa el invento de los hermanos Wright. Antes de esto, el aviador brasileño Alberto Santos-Dumont, había realizado el primer vuelo en Europa en un biplano concebido independientemente, pero inferior; los hermanos Voisin habían diseñado en su fábrica francesa un mejor biplano de cometa de caja, del cual ha evolucionado el moderno biplano de hélice tractora, mientras que su socio Louis Blériot, estaba diseñando por esas fechas el monoplano en que al año siguiente voló sobre el Canal de la Mancha. La evolución técnica esencial estaba completada con ello, pues al desarrollarse la teoría de la aerodinámica, a la que el siglo XIX no hizo virtualmente ninguna contribución salvo la de Cayley, llegó a imponerse el diseño del monoplano. Era también el dramático comienzo de un nuevo período de la historia política, en el que el nuevo dominio del hombre sobre un tercer elemento, intervino para complicar y quizá anular definitivamente las rivalidades existentes durante largo tiempo, entre el poderío terrestre y el marítimo.

La historia principal de la máquina más ligera que el propio aire, forma parte de la Edad Moderna; pues el primer *Zeppelin*, el cual fue prácticamente el final en esta línea de evolución, fue lanzado en el año 1900. Pero la máquina más pesada que el propio aire con la cual se iniciaría la conquista del aire, dependía del desarrollo del motor de combustión interna, que suministraría una fuente de energía ligera y potente, no convirtiéndose en una realidad sino hasta diciembre de 1903.

## 5. LA TECNOLOGIA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO.

### LA IMPRENTA.

Desde su invención hasta los inicios del siglo XIX (1800 - 1899 d.C.), no se produjeron cambios básicos en el funcionamiento de las prensas para imprimir. La primera máquina eficaz para fundir tipos de imprenta, fue inventada en los Estados Unidos en 1838 y funcionaba tanto a mano como movida mediante una máquina de vapor; la máquina transportaba el molde hasta la tobera de una caldera que contenía el metal en fundición con el cual se hacían los tipos, abría la matriz para permitir que el metal fluyera en su interior, lo cerraba para darle su forma y finalmente volcaba la matriz, abierta de nuevo, para hacer que cayera el tipo. Desde los Estados Unidos, donde la oposición de los trabajadores hacia la máquina era menor, se difundió a los impresores de libros de Leipzig, de Edimburgo y en 1851 a Inglaterra, donde los catálogos de la Gran Exposición en ese año, fueron impresos con su ayuda, mientras que la propia máquina ganaba una medalla para la compañía Brockhaus de Leipzig. La máquina comenzó a ser aceptada por todo el mundo; una generación más tarde *The Times* empleaba una máquina fundidora rotativa con un centenar de matrices y una producción de 60 000 letras por hora; ello significaba que un periódico podía ahorrarse el laborioso proceso de redistribución de los tipos después de haber sido usados; en lugar de ello, eran devueltos sin más a los crisoles para reaparecer como tipos nuevos para la edición del día siguiente.

Por lo que respecta a las máquinas de composición, en 1842 Henry Bessemer, posteriormente inventor del convertidor para acero que lleva su nombre, en asociación con una compañía de Lille, fabricó una máquina conocida comúnmente con el nombre de *Pianotipia*, la cual, se usaría para la composición del primer número del *Family Herald*. Un empleado manejaba el teclado, muy parecido al de un piano mientras que un segundo "justificaba" - esto es, distribuía el material en líneas - pudiéndose lograr una velocidad de 6000 letras y espacios en blanco por hora; el hecho de que las mujeres pudieran usar la máquina con mayor habilidad incluso que los hombres, fue causa de muchos prejuicios. En 1856, hizo su aparición la máquina de Alden, formada por 14 626 piezas y que se empleó inicialmente para la edición de libros.

Para 1866, los periódicos podían disponer de una máquina con mejores resultados, basada en principios totalmente distintos: la *Linotipia*; un inventor que diseñó un método para fundir una línea completa en un solo bloque con un molde hecho de cartón piedra, logró la primera máquina destinada a satisfacer los deseos de James Clephane, abogado de Washington que deseaba un sistema satisfactorio con el cual reproducir las notas taquigráficas de sus casos legales; esta máquina fue una prensa rotativa construida por Otto Mergenthaler, emigrante alemán y relojero de oficio; él mismo construiría después, una versión mejorada de esta máquina con un teclado con el que se controlaban una serie de barras verticales, en cada una de las cuales estaba impresa en relieve una letra del alfabeto, las cuales, se imprimían sobre una tira de cartón piedra del largo de una línea, obteniéndose de este modo un molde con el que se podía fundir una línea de tipos. Mergenthaler notó enseguida que la primera etapa, se podía suprimir al montar un almacén de matrices, esto es, moldes con los que los fundidores fabricaban los caracteres individuales, de forma que se pudiera componer una línea a la vez. Cuando las matrices individuales eran movidas neumáticamente hasta un punto de reunión, todavía debía resolverse el problema de ajustar los espacios entre las palabras, de forma que la línea adquiriera sentido, para lo cual adoptó una

patente ya existente para espaciadores en forma de cuña, que se añadían hasta que la línea fuera concluida. Una vez que las matrices que formaban una línea habían desempeñado su función, un distribuidor las devolvía de nuevo al almacén; pero debido a que cada máquina debía estar equipada con varios cientos de matrices, se presentaba la dificultad de obtener sin gastar demasiado, los troqueles necesarios para manufacturarlos; para ello, J.G. Benton, inventor estadounidense, perfeccionó una máquina que cortaba mecánicamente los troqueles. La *Linotipia*, tal y como es hoy universalmente conocida, estaba terminada en líneas generales para 1890, pasando rápidamente de los Estados Unidos a Europa; hacia el año 1900, ya era usada por gran parte de los periódicos y revistas en Europa.

En la década de 1890, los Estados Unidos fueron también los primeros en introducir la *Monotipia* para composición de libros; esta máquina, hacía también uso del principio del rollo de papel perforado sobre el cual el obrero que manejaba el teclado, registraba lo que debía ser impreso, casi como si lo estuviera registrando en una máquina de escribir; tanto el teclado como la fundidora, funcionaban neumáticamente. La fundidora disponía de un bastidor cuadrado de acero que por lo general tenía capacidad para unas 225 matrices en una superficie que no excedía de los 100 centímetros cuadrados, colocándose la matriz requerida encima del molde, como consecuencia de la acción de las perforaciones efectuadas en el rollo de papel. En el instante en que una matriz quedaba debidamente colocada, se hacía entrar en el molde un chorro de metal en fundición, obteniéndose así el tipo. La *Monotipia*, que producía una larga tira de tipos compuestos en lo que se conoce como galera, poseía la ventaja sobre la *Linotipia*, de que en caso de necesidad, se podía corregir una sola letra por separado; contando con el auxilio de una buena imprenta, esta máquina permitía a los editores obtener resultados de tanta calidad como los logrados con los antiguos métodos tradicionales.

La moderna prensa tipográfica, fue haciéndose cada vez más pesada, grande, rápida y potente al paso del siglo XIX. Hasta el año 1800, emplearía el conde de Stanhope el hierro en sustitución de la madera, al lograr fabricar la primera imprenta capaz de manejar indistintamente las pesadas formas de los tipos y los delicados grabados en madera; al precio de 90 guineas - el doble del precio de una prensa de madera - puso a la venta una prensa de hierro que descansaba sobre un soporte de madera. Tras haber colocado la cama bajo la platina en la forma habitual, ésta última se aplicaba sobre los tipos, mediante la combinación de movimientos de palanca y husillo, que ejercían una presión lo suficientemente uniforme sobre la superficie de los tipos, como para lograr su impresión con una sola intención.

Esta máquina fue seguida en 1813 por la prensa *Columbian*, un invento estadounidense realizado independientemente, siendo la primera prensa en eliminar el husillo: la platina era empujada hacia abajo por medio de un sistema de palancas y contrapesos, estando la palanca más alta coronada por un águila de metal muy pesada, cuya posición se podía ajustar para variar la presión; su inventor, un ebanista de Filadelfia llamado George Clymer, introdujo con éxito su prensa en el mercado inglés, donde fue transformada y perfeccionada en una máquina llamada *Albion*. Esta máquina ejercía su presión por medio de una barra elíptica de acero, que giraba por encima de la cabeza de la platina y que aplicaba su máxima presión al alcanzar la perpendicular; al combinar una gran fuerza de impresión con un peso ligero al tiempo de ser fácilmente manejable, la *Albion*, que en lugar de ir coronada con el águila estadounidense, iba coronada en el contrapeso por el escudo de armas real inglés, gozó de gran popularidad en Inglaterra. Su fabricación se inició en la década de 1820 y para la de 1860, se vendía en trece tamaños con un precio de entre 12 y 75 libras esterlinas.



Steven Ruggles, de Boston, Massachusetts, inventó en 1851 una prensa con cama vertical, que permitía que los tipos y el papel quedaran siempre a la vista excepto al momento de la impresión, al tiempo que contaba con una rama de tamaño reducido que medía 11.5 x 19 centímetros, muy apropiada para los trabajos de impresión por encargo. El funcionamiento de esta máquina consistía en que la platina, que estaba unida a la base de la prensa mediante goznes, se balanceaba hacia adelante y hacia atrás al hacer las sucesivas impresiones; la rama estaba situada en la sección plana de un cilindro, en torno al cual se hacía pasar la tinta hacia los rodillos; un pedal proporcionaba la fuerza de tracción necesaria para mover la máquina. El nombre de *Cropper*, con el cual fue conocida debido a sus primeros fabricantes en Inglaterra, quedó como el genérico para todas las prensas movidas por pedal, el cual obtenía su fuerza motriz por medio de los pies o las manos del operario.

No obstante estos adelantos, era esencial para la producción del moderno periódico, la aparición de un sistema en serie; ello requería no sólo la aplicación de una fuente de energía mecánica, sino también un método alternativo al tradicional y muy engorroso, en el cual se producían una a una las hojas impresas, al juntar dos superficies planas que servían de soporte respectivamente a los tipos entintados y al papel; ya en 1810, Thomas Bensley, impresor inglés, basándose en la idea de un inmigrante sajón llamado Friedrich Koenig, imprimía el *Annal Register* con una prensa manual adaptada con una máquina de vapor, disponiendo de unos rodillos que realizaban automáticamente el entintado. La impresión se llevaba a cabo a una velocidad de 800 páginas por hora, no obstante, este invento no vio su futuro asegurado hasta que Koenig comenzó a utilizar un año después la rotativa, de la que surgió la producción masiva del material impreso que impera hasta nuestros días. Koenig dispuso el papel sobre un gran cilindro horizontal, cuya circunferencia estaba dividida en tres partes y que podía ser mantenido inmóvil en tres posiciones correspondientes a dichas divisiones; cada vez que el cilindro efectuaba un tercio del giro de su recorrido circular, arrastraba consigo una nueva hoja de papel, siendo entintado por su parte superior e imprimiendo con su parte inferior una hoja que podía ser retirada una vez impresa; con cada movimiento del cilindro, la forma recibía un impulso hacia adelante y otro hacia atrás, por lo que Koenig decidió utilizar dos cilindros para aprovechar el movimiento de la forma en ambas direcciones.

Sólo el periódico *The Times* demostró tener el suficiente interés para comprar la máquina, con la cual el 19 de noviembre de 1814, se imprimía por primera vez un periódico con la ayuda de una máquina de vapor, a una velocidad de 1100 impresiones por hora, cuatro veces superior a la capacidad de impresión de una prensa manual. Antes de regresar a Alemania en 1818, Koenig había conseguido la primera máquina de doble impresión, que contaba con dos cilindros independientes, el segundo de los cuales imprimía el reverso de las hojas que pasaban a través de los dos cilindros en una sola operación. *The Times* adoptó también esta máquina y con ciertas modificaciones introducidas por sus ingenieros, la siguió explotando hasta 1828, fecha en la que puso en funcionamiento una máquina de diseño propio; esta máquina tenía cuatro cilindros y obtenía 4000 impresiones por hora con una sola forma, quedando el reverso de la hoja en blanco para dejar espacio a las noticias de última hora. Mientras tanto, esta máquina había sido mejorada por David Napier, fabricante de prensas inglés, quien añadió unas uñas que mantenían sujeto al papel mientras se llevaba a cabo la impresión, retirándolo para permitir el movimiento del cilindro de doble impresión; el cual, efectuaba dos revoluciones por cada hoja de papel impresa, girando en el aire la segunda vez, de manera que la forma pudiera retroceder sin tocarlo.

Un aumento en la velocidad sólo se podía conseguir al hacer también rotativa a la forma; un invento estadounidense cuyo autor fue Richard March Hoe, fue instalado en el *Philadelphia Ledger* en 1846, llegando a París en 1848 y a Inglaterra en 1857. La máquina disponía de cinco cilindros horizontales: un cilindro impresor de grandes dimensiones en el centro y cuatro más pequeños que lo circundaban; los tipos iban montados sobre formas de hierro colado, estando asegurados por medio de guías en forma de cuña situadas entre los corondeles, con el objeto de evitar que la fuerza centrífuga originada por el cilindro al girar los hiciera salir volando; uñas automáticas insertaban las hojas de papel entre los cilindros más pequeños y el mayor cuando giraban. Otra máquina bastante parecida pero con los cilindros dispuestos en posición vertical, fue construida por los ingenieros de *The Times*, siendo admirada en la Exposición de 1851; esta máquina podía imprimir hasta 20 000 impresiones por hora, pero debido a que debía introducirse el papel en cinco niveles diferentes, se requerían 25 hombres para operarla.

## LA MAQUINA DE ESCRIBIR.

La máquina de escribir, es una imprenta que dispone de un teclado con el cual seleccionar e imprimir cada letra por separado; su uso generalizado data de la década de 1880; por entonces, el tamaño creciente de las empresas comerciales, exigía cada vez con mayor urgencia, la sistematización de la correspondencia y los archivadores, para lo cual la máquina de escribir servía idóneamente. Su aparición fue también un acontecimiento de considerable significación social, ya que provocó la primera oleada de mujeres con destino a los trabajos de oficina: en 1881, había sólo 7000 secretarías en Inglaterra y Gales; para 1911 serían 146 000.

El prototipo de la máquina de escribir moderna fue la máquina criptográfica, inventada por un impresor marsellés en 1833, con la modesta pretensión de que podía escribir "casi tan rápido como un lápiz"; fue ésta la primera máquina en la que cada tipo iba montado sobre una barra independiente, este principio fue seguido por el impresor estadounidense C.S. Sholes, quien utilizó un rodillo horizontal y una cinta entintada, al tiempo que resolvió el problema de poder teclear con rapidez, tras experimentar con unos treinta modelos; la mayor dificultad que había para ello, era la tendencia de que las barras que sostenían los tipos, chocaran entre sí siempre que se pulsaban dos teclas en rapidísima sucesión; solucionó este problema al disponer las teclas de forma muy parecida a la disposición de hoy en día, de manera que las letras que aparecen yuxtapuestas, con frecuencia estén muy alejadas entre sí.

La máquina de Sholes fue manufacturada a partir de 1873 por la compañía Remington, la cual, comenzó fabricando armas de fuego para expandirse después a la fabricación de áperos y máquinas de coser. A pesar de que el sistema de palanca de transmisión había hecho su aparición en 1878, las máquinas de escribir con teclado doble para escribir respectivamente con letras mayúsculas y minúsculas, se siguieron utilizando hasta la década de 1890, momento en el cual, al hacerse un uso cada vez mayor de la mecanografía al tacto, dejó de ser conveniente el empleo de un teclado tan amplio. Otros adelantos realizados antes de terminar el siglo XIX, fueron los mecanismos destinados a permitir que el texto fuera completamente visible al ser mecanografiado; además, la introducción de un tabulador y la reducción en el peso total de la máquina y su tamaño con objeto de lograr un modelo auténticamente portátil, aumentaron considerablemente la popularidad de la máquina de escribir.

## EL FONOGRAFO

Este período fue testigo del surgimiento de uno de los ingenios de la tecnología que más horas de entretenimiento y dicha han proporcionado al hombre a través del tiempo: el *fonógrafo* o máquina parlante. La curiosidad y tesón llevaron a Thomas Alva Edison, a realizar multitud de observaciones sin realizar aplicación práctica alguna; sin embargo, en algunas ocasiones, le condujeron a descubrimientos casuales. Así, la investigación del sonido le fascinó desde que oyó hablar del teléfono de Alexander Bell; "por pura casualidad" como el mismo Edison diría, dio con su invento más original: la máquina parlante o fonógrafo como él lo llamó, precursor del gramófono y del tocadiscos.

Ya en 1877, había podido comprobar que las incisiones punto-rama grabadas en rollos de papel parafinado, originaban al hacer pasar por el papel una aguja de acero, "un sonido ligeramente musical, suave y rítmico, que se asemejaba a una voz humana ininteligible" en palabras de Edison, el cual, afrontó el problema desde otro ángulo al intentar descubrir cómo se originaba la fonación de una vocal, con el objeto de reproducirla mecánicamente con una membrana. El 18 de julio de 1877, Edison realizó la siguiente anotación en su libro de trabajo: "Telégrafo parlante. Acabo de realizar un experimento con una membrana de la que sobresale una punta; la apliqué a un papel parafinado que giraba sobre un tambor; las ondas sonoras de quien habla a través de la membrana, quedaron grabadas y no tengo ninguna duda de que puedo almacenar la voz humana y reproducirla automáticamente con toda fidelidad."

El 17 de noviembre y el 22 de diciembre, la *Scientific American* publicó sendos trabajos sobre el cada vez más perfeccionado *fonógrafo*. En las primeras exhibiciones, los oyentes quedaban completamente atónitos y más de uno creía estar sentado ante un ventrílocuo, sospecha provocada por la misma sencillez de la máquina. El 15 de diciembre quedó registrada la patente del *fonógrafo*; la Western Union no sabía que hacer con este invento no surgido del encargo, sino de la casualidad y el cual, haría mundialmente famoso a Edison: la prensa estadounidense, bajo el nombre de *profesor*, le celebraba como el nuevo héroe nacional; su laboratorio de Menlo Park, se convirtió en lugar de peregrinación para curiosos, al tiempo que era visitado por científicos e investigadores de todas las ramas de la ciencia. El gran público tomó cariño a este *self-made man* deseoso de gloria; en cierta medida, representaba el mito del mago capaz de obrar ciertos milagros. El 18 de abril de 1878, tuvo la oportunidad de presentar el aparato, con enorme éxito, ante el presidente Hayes en la Casa Blanca y ante Joseph Henry, entonces secretario de la *Smithsonian Institution*, así como antes otros científicos de esta sociedad. Edison hizo reproducir al *fonógrafo* su salutación: "La máquina parlante tiene el honor de presentarse a la Academia de Ciencias de los Estados Unidos".

La Edison Speaking Phonograph Company, comercializó el *fonógrafo* principalmente como reproductor de música, por cuya explotación Edison recibía diez mil dólares y más tarde el veinte por ciento de cada aparato vendido. No obstante, al cabo de dos años, el fonógrafo era ya tan sólo considerado una curiosidad científica sin valor comercial. Durante algún tiempo, Edison trabajó en su perfeccionamiento; en 1878, patentó un soporte de grabación en forma de disco para sustituir al de cilindro, pudiéndose considerar este cambio como el precursor de los discos de vinilo. Sin embargo, pronto se dedicaría a otros planes, lo que más tarde se revelaría como un gran error, ya que el *fonógrafo* utilizado como dictáfono o como reproductor de música, se convertiría en uno de los productos de consumo generalizado más extendido. Edison no imaginó el brillante futuro de su invento a pesar de que pudo predecir sus posibilidades: correspondencia,

dictados, libros fonográficos para ciegos, enseñanza de oratoria, música, archivos de voces, muñecas parlantes, reloj parlante, grabación de lecciones para alumnos, transcripción de actas, etcétera.

Para 1885, el ingenio favorito de Edison había sido ligeramente perfeccionado a pesar de no tener ya ningún valor comercial por el químico Chichester Bell (primo de Alexander Bell) y por el técnico C.S. Tainter. La capa de estaño de Edison fue substituida por un rodillo de cera sobre el cual, una aguja flotante marcaba un surco; a pesar de los pocos cambios introducidos, la calidad de reproducción del *gramófono* de Bell, era significativamente mayor. A una oferta escrita de Bell y Tainter para seguir desarrollando el gramófono conjuntamente y bajo la dirección de Edison, éste respondió airado: "¡No quiero tener nada que ver con esos!, son unos perfectos piratas...He comenzado a perfeccionar el fonógrafo. Edison." A partir de entonces y durante dos años, se dedicó preferentemente al *fonógrafo*; comenzó a utilizar un cilindro hueco con una capa de seis milímetros con una mezcla de varias ceras, que permitía un menor distanciamiento entre surco y surco, con una profundidad de surco de 0.025 milímetros; los surcos podían ser eliminados con una cuchilla, lo cual permitía volver a grabar varias veces. La antigua aguja fue substituida por un punzón de zafiro que sólo ejercía una leve presión sobre la cera, gracias a un contrapeso flotante, similar al de las modernas tornamesas para discos LP. El perfeccionamiento del fonógrafo resultó ser una ardua tarea y la competencia amenazaba con adelantarse; en octubre de 1887, Edison anunció a la prensa que el nuevo modelo estaría listo en dos semanas, sin embargo, hasta la primavera de 1888 el aparato no pudo estar disponible para su presentación ante un grupo de banqueros y financieros de Nueva York, al cual Edison reunió con el objeto de conseguir el financiamiento para una nueva fábrica; la exhibición acabó siendo un fiasco debido a que John Ott había realizado en el aparato, algunas modificaciones de última hora sin el consentimiento de Edison, y en vez de reproducir el discurso de presentación en el que Edison hablaba de un futuro rosado para el *fonógrafo*, lo único que se oía era un ruidito con cierto retintín de burla; los banqueros y financieros defraudados, nunca volvieron.

Edison fue el primero en grabar música con artistas tan famosos como el pianista Hans von Bülow o el niño prodigio Josef Hoffman con su nuevo fonógrafo; sin embargo, veía más posibilidades en el aparato como dictáfono; a pesar de su creencia, más tarde se vendieron muchos cilindros musicales con gran demanda. En junio de 1888, Edison se encerró con sus viejos colaboradores en sus laboratorios de West Orange para efectuar las últimas mejoras en el *fonógrafo*, sobre todo en lo referente a la reproducción del sonido; después de 72 horas sin dormir (los periódicos hablaban de "la guardia de los cinco días"), el 16 de junio de 1888, Edison estaba provisionalmente satisfecho. Para la década de 1890, cuando aún no había vencido la patente básica del *fonógrafo*, se pusieron a la venta aparatos de la competencia; Emile Berliner había desarrollado un disco plano como portador del sonido y cuyos surcos discurrían en espiral, el *gramófono* inglés era el precursor de la *máquina parlante de Victor* y cuya imagen de marca era el perro fiel que escucha la voz de su amo, cuadro pintado por el artista británico Francis Barraud en 1899 y en el cual, un perro de raza fox-terrier escuchaba en un fonógrafo la voz de su difunto dueño.

Para el año 1906, el *fonógrafo* se vendía tan bien que a través de las páginas de la revista editada por la firma Edison, se pedía comprensión a los clientes por no poder atender con la debida celeridad los pedidos de más de dos millones de cilindros de cera a pesar de trabajar en turnos de día y noche. Para la producción a gran escala de cilindros de cera ya grabados, Edison había desarrollado en 1903 un procedimiento completamente original basado en el revestimiento

al vacío, técnica hoy empleada en muchos campos de la industria: el cilindro matriz previamente grabado se introducía en el vacío, siendo recubierto por una fina capa de oro; con ello se conseguía una reproducción exacta de los surcos impresos en el cilindro, que a continuación era reforzada por galvanoplastia con una capa metálica más gruesa; una vez retirado el cilindro de cera original, quedaba un troquel o negativo a partir del cual se podían obtener muchas copias. Los cilindros musicales contenían normalmente valeses, marchas o *spirituals* y costaban en 1906 alrededor de 35 centavos de dólar y eran de mejor calidad acústica que los discos de la *Máquina Parlante de Victor*, los cuales a pesar de ser más caros, tenían una duración de dos minutos y poco después de hasta cuatro, al tiempo que contaban con un reparto de artistas de la talla de Enrico Caruso, Titta Ruffo, Nellie Melba, Adelina Patti y otras estrellas del momento.

## 6. LA TECNOLOGIA Y LAS FUENTES DE ENERGIA.

La revolución industrial estaba ya en pleno desarrollo antes de haberse generalizado el uso de la máquina de vapor como fuente mecánica de energía. A finales del siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.) y durante el XIX (1800 - 1899 d.C.), aumentó considerablemente la eficiencia de la rueda hidráulica gracias a los estudios tanto teóricos como prácticos de John Smeaton, quien fue premiado con la medalla Copley, considerada el más alto reconocimiento otorgado por la Royal Society. Smeaton demostró que la rueda hidráulica que recibía el impulso por su parte superior era más eficiente que la que lo recibía por la parte inferior; además, diseñó una multitud de ruedas hidráulicas, ninguna de las cuales subsiste hoy debido a que fueron construidas con madera; sin embargo, todavía funcionaba después de 160 años de operación, un molino levantado en 1776 en la confluencia de los ríos Támesis y Lea para aprovechar la fuerza de la marea. Una de las ruedas con impulso inferior construidas por Smeaton e instalada en uno de los arcos del puente de Londres en 1768, tenía 10 metros de diámetro, 4,5 de ancho y contaba con 24 paletas; en 1817 sería reemplazada por una rueda de hierro. El propio Smeaton experimentaría con el hierro para usarlo en ciertas partes de la rueda hidráulica, incluyendo el eje y los bordes de la rueda, ayudado por la circunstancia de ser ingeniero asesor de una herrería que la firma Carron poseía cerca de Falkirk, Inglaterra. Uno de los numerosos ingenieros influidos por su trabajo fue Joseph Glynn, quien a lo largo del siglo XIX construyó ruedas hidráulicas de grandes dimensiones.

### LA MAQUINA DE VAPOR.

En términos generales, la máquina de vapor es un mecanismo que convierte la energía térmica en energía mecánica y su rendimiento se rige por las leyes de la termodinámica; no obstante, estas leyes fueron establecidas hasta mediados del siglo XIX y por tanto hasta entonces, en ningún modo había sido entendida la naturaleza del calor: esta circunstancia nos recuerda que *tecnología no es, en modo alguno, sinónimo de ciencia aplicada.*

Hacia el año 1800, no existían todavía máquinas de vapor de desarrollaran más de 50 CV y aunque las máquinas de alta presión construidas en la siguiente década por Trevithick en Inglaterra y por Evans en los Estados Unidos llegaban a generar unos 100 CV, todavía en 1835 la energía media desarrollada por las máquinas de vapor era de unos 15 CV. En 1876 se exhibió en los Estados Unidos una gigante que desarrollaba 2500 CV; hacia finales de siglo, las nuevas centrales eléctricas utilizaban máquinas que desarrollaban hasta 10 000 CV. Una de las funciones más importantes que en un principio le fueron confiadas a la máquina de vapor, fue la de bombear agua fuera de las minas, para posteriormente aplicarla en la locomotora de vapor al transporte de carbón; de este modo, aunque la rueda hidráulica y el molino de viento siguieron conservando su importancia hasta bien entrado el siglo XIX, ésta puede ser llamada con toda justicia la era del vapor.

Ya en 1824 Sadi Carnot, iniciador francés de la termodinámica, resumía la situación existente en Inglaterra con las siguientes palabras: "Privar a Inglaterra de sus máquinas de vapor sería privarla de su carbón y de su hierro, privarla de sus fuentes de riqueza, arruinar su prosperidad y aniquilar ese poder colosal"; más terminantes eran aun las palabras de Huskisson en ese mismo año al decir que: "Si la máquina de vapor es el instrumento más poderoso del cual

dispone el hombre hoy para alterar la faz del mundo físico, al mismo tiempo obra como una poderosa palanca moral para el avance de la gran causa de la civilización".

Hasta el siglo XVIII (1700 - 1799 d.C.), las ideas acerca de la naturaleza de los gases, incluso entre los filósofos de la naturaleza, estaban aun lejos de ser claras, siendo considerados como sustancias misteriosas e intangibles; incluso en el siglo XVII (1600 - 1699 d.C.), las ideas acerca de la naturaleza de la atmósfera eran más cualitativas que cuantitativas; el hecho de que el agua y otros líquidos se precipitaran para llenar un espacio vacío, se atribula al hecho de que "la naturaleza tiene horror al vacío"; aunque los ingenieros de minas sabían que una bomba aspirante no podía elevar agua por encima de los nueve metros, todavía no se había encontrado una explicación al porqué del límite; es más, los urgentes problemas que planteaba la extracción de agua de las galerías de las minas, fueron los que finalmente llevaron a la comprensión de la auténtica naturaleza de la presión atmosférica, y ello a su vez, sirvió de inspiración para las primeras máquinas de vapor. En otro experimento se mostró que cuando se creaba un vacío parcial bajo un émbolo de grandes dimensiones introducido en un cilindro, la fuerza sumada de 50 hombres no podía evitar que la presión atmosférica llevase al émbolo al fondo del cilindro. Tales experimentos dieron vida a la idea de que si se pudiera encontrar algún medio sencillo para crear el vacío repetidas veces, se podría utilizar la presión atmosférica como una ventajosa fuente de energía. No obstante, los primeros intentos para lograrlo, no se dirigieron siempre hacia el vapor de agua como medio para crear el vacío, aunque después fuera ésta reconocida como la solución más práctica.

## LOS INICIADORES.

Las primeras máquinas de vapor fueron llamadas con bastante frecuencia y propiedad "máquinas atmosféricas", puesto que la presión de la atmósfera era la que proporcionaba la fuente motriz. Algunos inventores de la primera época, dedicaron su atención al estudio de las posibilidades que brindaba el uso de la pólvora; en 1860, un versátil científico holandés de nombre Huygens, ideó una máquina en la que se hacía explotar pólvora dentro de un cilindro cerrado con un pistón en su interior; cuando se prendía fuego a la pólvora, la mayoría de los gases calientes en que se convertía y el aire que originalmente se encontraba en el interior del cilindro, eran expulsados a través de válvulas de escape; al enfriarse el cilindro, las válvulas se cerraban creando un vacío parcial en el interior del cilindro, el cual al enfriarse, hacía que los gases ocuparan un espacio mucho menor que cuando estaba caliente, logrando que la presión atmosférica llevara al pistón hacia el fondo del cilindro. Sin embargo, tal procedimiento tenía dos desventajas fundamentales; la primera consistía en que los residuos de gas en el interior del cilindro eran considerables, de modo que sólo se lograba un vacío parcial; la segunda era que el recargar el cilindro con pólvora para lograr la acción continua, era una acción difícil y peligrosa.

Por estas razones Denis Papin, quien era el ayudante de Huygens, dirigió su atención hacia el vapor de agua; en 1690, expuso sus ideas con las siguientes palabras históricas, que constituyen una admirable descripción del modo de actuar de las primeras máquinas de vapor: "Puesto que el agua goza de la propiedad de que una pequeña cantidad de ella transformada en vapor por medio del calor tiene una fuerza elástica similar a la del aire, y de que por medio del frío se transforma de nuevo en agua, de modo que no queda ni rastro de aquella fuerza elástica, he llegado a la conclusión de que se pueden construir máquinas en cuyo interior, por medio de un calor no demasiado intenso y a bajo costo, se puede producir el vacío perfecto, que de ningún

modo se podría conseguir utilizando pólvora". Papin puso sus ideas en práctica con una máquina que consistía en un tubo vertical de aproximadamente 63 milímetros de diámetro y cerrado por su parte inferior, el cual, contenía un émbolo con un vástago; se ponía un poco de agua en el fondo del cilindro y se introducía a continuación el émbolo, haciéndose hervir el agua al calentar la parte inferior del tubo; el vapor generado hacía subir el émbolo, el cual, era sostenido en el punto más alto de su recorrido por medio de un pasador; se enfriaba entonces el aparato, con lo que el vapor se condensaba para convertirse de nuevo en agua y crear el vacío por debajo del émbolo; cuando se retiraba el pasador, el émbolo era empujado hacia el fondo del cilindro por la acción de la presión atmosférica. Este dispositivo no tenía importancia práctica, pero estableció el principio vitalmente importante de que se podía utilizar el vapor para mover el émbolo hacia arriba y hacia abajo en el interior del cilindro, siendo transferido al terreno práctico por Savery, Newcomen y Smeaton.

Thomas Savery inventó la *máquina para extraer agua por medio del fuego*, la cual, fue probada ante Guillermo III en Hampton Court en el verano de 1698, año en que se patentó el invento y ante la Royal Society un año más tarde. Se usó durante los primeros años para bombear agua a grandes edificios o a ruedas hidráulicas; sin embargo, la altura máxima a la cual podía elevar el agua, no era suficiente para emplearla en las minas. En la bomba de vapor de Savery, el vapor procedente de una caldera muy parecida a una antigua olla de cocina, era conducido a través de un tubo provisto de una válvula, hacia un recipiente de forma oval llenado con agua, la cual, era expulsada hacia arriba por la irrupción del vapor a través de un segundo tubo; cuando el recipiente oval estaba lleno de vapor, éste era condensado al bañar el exterior del recipiente con agua fría, creándose un vacío parcial, de modo que cuando el recipiente era conectado por medio de otro tubo con el agua situada en un nivel inferior, la presión atmosférica hacía subir al agua, llenando el citado recipiente oval; contaba además con dos recipientes que se llenaban y se vaciaban alternativamente, siendo controlado el ciclo total de las operaciones, por medio de válvulas convenientemente distribuidas. En un intento por aumentar la altura a la cual su máquina podía elevar el agua, Savery utilizó vapor a alta presión, sin embargo, esta solución presentaba problemas de construcción que por entonces no podían ser resueltos de manera satisfactoria; tendrían que pasar cerca de cien años antes de que las máquinas de vapor a alta presión llegaran a ser de uso común. Para comprender la forma de operar de las máquinas de vapor a alta presión, deben hacerse algunas aclaraciones sobre la relación existente entre el vapor de agua y el agua: cuando se calienta agua, aumenta la presión de su vapor y comienza a hervir cuando la presión del vapor es igual a la presión exterior; en un recipiente abierto a nivel del mar, la ebullición comienza a los 100 °C, si se reduce la presión ejercida sobre el agua, ésta entrará en ebullición a una temperatura inferior.

Thomas Newcomen, ferretero y herrero de Dartford, Inglaterra, inventó una máquina que estaba ya en uso en 1712; realizó su invento con bastante independencia de Savery y la razón por la que finalmente se asoció con él, fue que la patente de Savery estaba redactada en términos tan amplios, que cerraba el camino a la utilización de casi cualquier otra nueva invención en este terreno. Newcomen adoptaría de hecho el cilindro y el pistón propuestos por Papin, de los que probablemente tenía noticias directas; no obstante, a diferencia de Savery, Newcomen nunca se propuso utilizar el vapor a alta presión, haciendo que su máquina fuera mucho más fácil de construir, al operar únicamente con la presión atmosférica. La caldera de Newcomen producía vapor a presión atmosférica; cuando el vapor se introducía por la parte inferior del cilindro, el propio peso del vástago del segundo pistón que colgaba del otro extremo del balancín, hacía subir al primer pistón; cuando el cilindro estaba lleno de vapor y su entrada cerrada por medio de una



válvula, se introducía en él un chorro de agua fría para condensar el vapor, haciendo uso de una llave de inyección; en consecuencia, el pistón era empujado de nuevo al fondo del cilindro por la acción de la presión atmosférica, al tiempo que el peso del vástago de un pistón, hacía descender un extremo del balancín, mientras que el otro extremo se levantaba, arrastrando consigo el vástago del otro pistón que aspiraba el agua. Para lograr la continuidad del ciclo, la válvula de vapor y la llave de inyección de agua fría, se abrían y cerraban automáticamente, por medio del movimiento de la bomba de inyección, que estaba unida al balancín y que suministraba el agua fría para condensar al vapor. Una muestra del ingenio de Newcomen, así como de la imposibilidad de asegurar por aquel entonces la apropiada manufactura de máquinas de tal tamaño, fue que para ajustar el pistón a los bordes del cilindro y evitar la entrada y salida del aire, cubrió el pistón con un disco de cuero flexible y lo mantuvo hermético al cubrirlo con una capa de agua. No obstante, su eficiencia estaba limitada por el hecho de que a principios del siglo XVIII era imposible asegurar que el interior de un cilindro fuera perfecto; además, la máquina de Newcomen requería mayores dimensiones pues el cilindro podía tener un diámetro de hasta 188 centímetros y una carrera de 3.2 metros; aun a pesar de ello, su uso se extendió a ocho países durante los primeros cuatro años y antes de la muerte de su inventor en 1729, ya se usaba en Hungría, Francia, Bélgica, Alemania, Austria y Suecia, para llegar 25 años después a las colonias de América. Su mayor impacto lo logró en Inglaterra, donde se sabe que se construyeron por lo menos dos máquinas por año a lo largo de 65 años, cambiando la suerte de las profundas minas de carbón seriamente deterioradas por las inundaciones; bombeó además agua para abastecer a las ciudades y alimentó a las ruedas hidráulicas en las llanuras de la región industrial de Midlands.

En 1774, Smeaton logró diseñar máquinas mucho más eficientes empleando cilindros de gran tamaño, barrenados por una máquina especial construida en las herrerías de Carron, logrando duplicar el rendimiento; sus máquinas fueron llevadas a lugares tan lejanos como Kronstadt, Rusia, donde se empleó para vaciar los diques en la base naval de Catalina la Grande; pero aún en este período, la *máquina de fuego* sólo aprovechaba el 1% del calor generado por el combustible empleado. No obstante, quizá se pueda juzgar mejor su resultado, si se tiene en cuenta que la última sobreviviente de estas máquinas, fue desmantelada en 1934 en Yorkshire, Inglaterra, tras haber funcionado durante más de un siglo, sin haber sufrido avería grave alguna. El movimiento ascendente y descendente de la máquina de Newcomen, era muy apropiado para poner en movimiento bombas de agua; si era necesario conseguir un movimiento circular como el necesario para sacar material del interior de las minas, podía ser usada para bombear agua que a su vez alimentara a una rueda hidráulica, la cual, proporcionaría un movimiento circular uniforme como el que requerían las máquinas para hilar algodón.

## LOS CONTINUADORES.

A los 21 años, James Watt abandonaba su oficio de fabricante de instrumentos matemáticos, debido a que su condición de aprendiz le impedía establecerse por su cuenta en cualquier parte de Glasgow, Inglaterra. Consecuencia natural de ello, sería su nuevo interés por los problemas teóricos y prácticos de las *máquinas de fuego*, lo cual, le permitiría dar el paso histórico entre las máquinas atmosféricas y las máquinas de vapor. El rendimiento poco satisfactorio de un modelo de la máquina de Newcomen que la Universidad de Glasgow había enviado sin ningún éxito a un fabricante de instrumentos de Londres con el objeto de incrementarlo, proporcionó a Watt su punto de partida; se dio cuenta inmediatamente, que la causa primordial del mal funcionamiento de la máquina, era el hecho de tener que enfriar el cilindro para condensar el

vapor entre movimiento y movimiento del pistón: pensó que si se pudiera mantener el cilindro siempre caliente, se podría esperar una gran mejora en su rendimiento. A pesar de todo, fueron necesarios meses de investigación, antes de aquel histórico paseo dominical por Glasgow Green, cuando se le ocurrió la idea, como él mismo contaría más tarde, de que "al ser el vapor un cuerpo elástico, se precipitaría a ocupar cualquier vacío, y que si se estableciera una comunicación entre el cilindro y un recipiente en cuyo interior se hubiese provocado el vacío, el vapor pasaría del cilindro a este recipiente, en el cual se podría condensar sin necesidad de enfriar al cilindro". Fue en mayo de 1765, cuando Watt formuló la idea de un condensador separado, habiendo sido registrada la patente de este *nuevo método para reducir el consumo de vapor y combustible en las máquinas de fuego* en enero de 1769. Con todo, las dos primeras máquinas de Watt no entrarían en funcionamiento hasta 1776. Watt habría de hacer frente a grandes dificultades, tales como las relacionadas con la obtención de una mano de obra especializada, material y herramienta para ejecutar sus diseños y el apoyo financiero para hacer de su invento un éxito comercial. Respecto a su construcción, la mayor dificultad ya aludida, consistía en barrenar un cilindro lo suficientemente perfecto para no permitir ningún escape de vapor entre sus paredes y los bordes del pistón; la magnitud de las dificultades de construcción, son puestas en evidencia por el hecho de que Smeaton, ingeniero con tanta experiencia e ideas tan avanzadas como ningún otro en su época, emitiese la opinión de que "no existían ni herramientas ni hombres que pudieran fabricar máquina tan compleja con la suficiente precisión". Los constructores de molinos eran entonces los únicos trabajadores equiparables a un mecánico experto, mientras que la construcción de máquinas, debía ser encomendada conjuntamente a herreros, torneros y carpinteros; Watt proporcionaba únicamente los planos para que un especialista dirigiera los trabajos y fabricara algunas partes concretas de la máquina como las válvulas. Un avance definitivo lo constituyó el invento de John Wilkinson en 1774, de un nuevo tipo de máquina para barrenar cilindros y pensada para fabricar cañones, pero capaz de servir con algunas modificaciones para barrenar cilindros de gran tamaño destinados a otros propósitos; una de las primeras máquinas de Watt, fue diseñada para inyectar aire a uno de los altos hornos de Wilkinson; éste en correspondencia, fabricó muchos de los cilindros para las primeras máquinas de Watt.

Por lo referente a los problemas financieros que planteaba la explotación del invento de Watt, la quiebra de su primer socio llamado John Roebuck, no hace más que recordarnos la incertidumbre que se cernía sobre cualquier aventura comercial que fluctuaba por aquellos tiempos, entre muy cortos intervalos de guerra y de paz. Cuando Watt llevó su modelo experimental a Birmingham en 1774, a su patente sólo le quedaban ocho años de validez, tiempo que en opinión de Boulton, quien era su socio potencial, era muy corto para obtener beneficios de su manufactura; en consecuencia Watt hizo una petición al parlamento para que se ampliase el tiempo de validez de su patente, lo que se le concedió en 1775; esta prórroga le protegía hasta el año 1800, permitiendo que la importantísima asociación entre Watt y Boulton tuviera lugar. La firma construyó 496 máquinas en total, de las cuales 164 sirvieron como bombas de agua, complementando el papel de la máquina de Newcomen; 24 fueron empleadas en altos hornos y las restantes 308, fueron usadas para suministrar energía motriz a otras máquinas.

El condensador independiente fue la aportación más importante de la máquina de Watt; adicionalmente, la máquina fabricada en 1788 contaba con las siguientes características: lo primero y más importante era que el cilindro se mantenía a una temperatura elevada por medio de un baño de vapor, y existía un condensador independiente, vaciado por medio de una bomba de aire; cuando el pistón alcanzaba el punto más elevado de su recorrido, la válvula de escape se abría y simultáneamente se hacía entrar vapor por medio de otra válvula de admisión, colocada en el

espacio comprendido entre el pistón y la parte superior del cilindro; la presión del vapor y la presión atmosférica combinadas, hacían descender el pistón; cuando éste alcanzaba el punto inferior de su recorrido, las válvulas de admisión y de escape se cerraban, mientras la válvula de equilibrio se abría; todo ello servía al propósito de igualar la presión a ambos lados del pistón, que era entonces llevado de nuevo a la parte más alta de su recorrido por la acción del peso del vástago de la bomba de agua.

La innovación de la máquina de doble efecto, que la hacía doblemente potente por medio de la inyección alternativa de vapor en ambos lados del pistón, llevó a Watt en 1782, a inventar lo que él considero como su más sofisticado dispositivo: el mecanismo de paralelogramo articulado; no obstante, el problema que había que resolver era el de transmitir el impulso del pistón en su camino para arriba, hacia el balancín: la cadena que hacía descender al balancín en la máquina de efecto simple no servía para este propósito, ya que era necesaria una conexión rígida para empujar al balancín hacia arriba, pero sin unir directamente al balancín y al pistón, dado que mientras éste se movía siempre en línea recta, el balancín describía un arco. El paralelogramo articulado usado durante más de un siglo, resolvió totalmente este problema; la segunda mejora más importante fue la de usar la fuerza expansiva del vapor, cortando su entrada al poco de haber iniciado su recorrido el pistón, dejando el resto del trabajo a su fuerza de expansión. Estos y otros perfeccionamientos como un regulador para gobernar la entrada de vapor, manteniendo funcionando a la máquina con velocidad regular, lograron triplicar el rendimiento de las bombas de agua en comparación a las fabricadas por Smeaton; pero como la máquina conquistaría el campo de la industria en general, sería como una máquina capaz de producir un movimiento rotativo. Imposibilitado para emplear una manivela a causa de la patente de un rival, Watt desarrolló el engranaje planetario, llamado así porque la rueda planetaria unida al extremo del vástago del pistón, se movía alrededor del perímetro del piñón central que a su vez, estaba unido al extremo del balancín. Una máquina de este tipo con una potencia de 10 CV, sería construida por Boulton y Watt a partir de 1784 para servir a los más variados usos.

Una de las mayores ventajas de la máquina de balancín, era que su construcción y montaje no representaban grandes dificultades; tenía muy pocas superficies planas, las cuales, hasta la aparición de la cepilladora en 1820, tenían que ser realizadas a mano, teniendo poco peso junto a estas ventajas, las desventajas de su tamaño y pesadez. Sin embargo, la expiración de la patente de Watt sobre su condensador en el año 1800, fecha en la que también abandonaría sus actividades, dejaría campo abierto a las investigaciones de otras personas.

Es significativo que Oliver Evans, fabricante de ruedas en Delaware, Estados Unidos, introdujera la idea del vapor a alta presión en el nuevo mundo - donde en fecha tan tardía como 1803, existían tan sólo unas 6 máquinas de vapor -, al mismo tiempo que los estudios sobre el mismo punto surgían en Inglaterra. En 1804, Evans estaba ya pulverizando yeso y cortando mármol en Filadelfia con una máquina muy pequeña, la cual, tenía un recorrido del pistón de unos 20 centímetros, que trabajaba con vapor a presiones de hasta 3.5 kilogramos por centímetro cuadrado.

Dos años antes, Richard Treverick, ingeniero de las minas de Cornualles, había construido en Coalbrookdale, Inglaterra, una máquina de bombeo de pequeño tamaño pero de gran potencia; contaba con una caldera de hierro colado, cuyas paredes tenían unos 38 milímetros de espesor, y lograba una presión de 10 kilogramos por centímetro cuadrado, o sea, 10 veces la presión de la atmósfera. Una característica notable de esta máquina, era que a pesar de su potencia, el cilindro

tenía sólo unos 18 centímetros de diámetro y una altura de 0.9 metros; para 1800, construiría una máquina de doble efecto y alta presión, para extraer mineral en las minas de Cornualles, mientras que construía también un carruaje movido por vapor que podía transportar a varios pasajeros. Trevethick construyó en 1804 la primera máquina locomotora para ferrocarril que funcionó con éxito; su interés por la locomoción a vapor, no obstante, no interfirió en el desarrollo de las máquinas fijas, de las que para esa fecha había construido unas 50. Muy pronto la *máquina de Cornualles* no tendría rival y seguiría usándose hasta finales del siglo, no sólo para realizar trabajos de bombeo, sino para atender a otra gran variedad de necesidades en la industria como la laminación de hierro, la molienda de cereales y la fabricación de azúcar. Un factor importante en su desarrollo lo constituyó el hecho de que a partir de 1811, los propietarios de minas de Cornualles, publicaron informes regulares sobre el rendimiento de sus máquinas, para promover de este modo la mejora en su eficiencia; en 1844, el rendimiento medio era de unos 45 000 000 de metros por kilo, por cada 36.3 decímetros cúbicos de carbón, frente a los 4 000 000 de metros por kilo que rendía una máquina de Newcomen en 1767.

Tras la expiración de la patente de Watt, Arthur Woolf, quien trabajaba para una fábrica de cerveza en Londres, realizó en 1803 un intento mucho más ambicioso, pero debido a una falla en los cálculos, su primer cilindro de alta presión resultó demasiado pequeño en proporción con el cilindro de baja presión. Tuvo más éxito cuando volvió a Cornualles, donde su máquina de expansión múltiple resultó demasiado costosa, no fabricando ninguna más a partir de 1824.

Sólo en 1845, McNaught en Lancashire, Inglaterra, encontraría un método realmente satisfactorio para transformar la máquina de Watt en una máquina de expansión múltiple: puso un cilindro de alta presión y carrera corta, entre el centro del balancín y el vástago del cilindro, logrando una presión de entre 8.4 y 8.8 kilogramos por centímetro cuadrado. Muchas de las máquinas de Watt que ya estaban en funcionamiento, fueron transformadas de esta manera, convirtiéndose pronto en la forma habitual de construcción de las nuevas máquinas. Aproximadamente por esas mismas fechas, se empezaron a producir máquinas de acción directa, siendo la más importante la máquina de mesa de Maudslay patentada en 1807; era ésta una máquina extremadamente compacta, que estaba montada sobre una pequeña plataforma de hierro colado; el vástago del pistón terminaba en una cruceta cuyos extremos se articulaban con un par de bielas que movían un eje de cigüeñal colocado bajo la plataforma. El cilindro no obstante, estaba colocado en posición vertical, en la equivocada creencia de que así, se evitaría el desigual desgaste del pistón causado por el peso de éste; el uso de la máquina de cilindro horizontal, más eficiente, no se generalizaría hasta 1825.

#### LA MAQUINA DE VAPOR APLICADA AL TRANSPORTE.

El primer paso de importancia dado por la humanidad en la conquista de las grandes distancias después de la navegación a vela, exigía el descubrimiento de una máquina motriz segura, constante y poderosa; en una palabra, la máquina de vapor. El tamaño y peso de las primeras máquinas de vapor, serían los causantes de que las primeras aplicaciones del vapor al transporte, se hicieran sobre barcos, aunque también en este caso las dificultades prácticas ponían a prueba el ingenio de los diseñadores. Se requerían máquinas de menor tamaño y más eficientes, que ofrecieran mayor seguridad: una sala de máquinas y una bodega de carbón de menores dimensiones, significaban un mayor espacio para mercancías y pasajeros.

El diseño de las calderas, fue examinado con más atención, pues el desperdicio de combustible era tanto o más importante que el del vapor.

Los iniciadores del barco de vapor fueron los franceses, quienes en 1775 aprobaron una máquina con un cilindro de unos 20 centímetros, la cual, iba montada en un barco que navegaba por el Saona, no obstante, no contaba con la suficiente potencia. En 1783 el marqués de Jouffroy d'Abbans, tras una serie de intentos, remontó con éxito a bordo de *Pyroscaphe*, un sector del río Sena cerca de Lyon, Francia, en un vapor de 182 toneladas dotado con una rueda de paletas. En 1787, en uno de los experimentos realizados en los Estados Unidos con sistemas de propulsión a vapor, se empleó una bomba que aspiraba agua por la proa del barco y la expulsaba por la popa, estableciendo un primer ejemplo de la propulsión a chorro. Al año siguiente en Inglaterra, se utilizó una máquina de vapor atmosférica construida por William Symington, para impulsar un barco de tamaño reducido en un lago cercano a Dumfries.

En 1801 Symington, a instancias del ministro de guerra, construyó una máquina de doble efecto que tenía un cilindro horizontal de unos 56 centímetros de diámetro, y que contaba con una biela que impulsaba al eje del cigüeñal de la rueda de paletas; sin embargo, es curioso que el sistema de acción directa, que acababa con el molesto uso del balancín, no haya sido adoptado por los inmediatos sucesores de Symington. El estadounidense Robert Fulton que había asistido a las pruebas del *Charlotte Dundas*, llevó a cabo posteriores experimentos en el Sena y en 1807, logró el primer éxito comercial con una máquina construida por Boulton y Watt, que conducía al *Clermont*, un vapor con una rueda de paletas desde Nueva York hasta Albany; a los dos años tenía a un sucesor en el lago Champlain. La máquina de baja presión construida por Glasgow para el *Comet*, que fue el primer vapor europeo con éxito comercial al entrar en servicio en el río Clyde en 1812, se asemejaba a la máquina de Fulton en el hecho de que tenía también, un par de balancines situados a muy baja altura a ambos lados del cilindro vertical. En 1858, se construyeron máquinas de cilindros oscilantes de gran tamaño para el *Great Eastern*, un barco a vapor impulsado simultáneamente por ruedas de paletas y hélice, cuyos cilindros de unos 188 centímetros de diámetro, movían la hélice y las ruedas de paletas de 17 metros de diámetro.

El barco de vapor sufrió un cambio decisivo con la sustitución de las ruedas de paletas por hélices; lo que a primera vista resulta sorprendente, es que siendo el tornillo de Arquímedes un instrumento para la navegación conocida ya en la antigüedad clásica, hubieran de pasar 40 años de experimentación antes de que en Inglaterra se iniciara con éxito en 1838, la construcción del *Arquimedes*, primer vapor de hélice de 237 toneladas. El invento fue hecho simultáneamente por Sir Francis Pettit Smith y el sueco John Ericsson, quien daría por terminada una estancia de trece años en Inglaterra para ir a vender su idea a los Estados Unidos. En 1842, la marina de los Estados Unidos introdujo con el *Princeton*, un motor especial de hélice diseñado para mantener toda la maquinaria del barco, por debajo de la línea de flotación, con el objeto de lograr una mayor seguridad; al año siguiente, sería el *Great Eastern* el primer vapor de hélice en cruzar el Atlántico.

En 1854 a bordo del *Brandon*, fueron por primera vez instaladas en un barco trasatlántico, máquinas de expansión múltiple; las máquinas de triple expansión, comenzarían a utilizarse hasta la década de 1870, trabajando a una presión de 10.5 kilogramos por centímetro cuadrado, mientras que para 1900, para la utilización más económica del combustible con presiones superiores a los 12.5 kilogramos por centímetro cuadrado, se considerarían indispensables las máquinas de cuádruple expansión. Los cambios introducidos en los diseños de las máquinas de vapor y en especial el uso de presiones más elevadas, provocaron los correspondientes cambios en las

calderas que los alimentaban; en 1900, la caldera de tubos de agua construida por Babcock y Wilcox, suministraba vapor a una presión de 17.5 kilogramos por centímetro cuadrado; la caldera de tubos de agua, adoptada por primera vez en las máquinas navales en 1842, supuso un gran paso adelante debido a que aumentaba enormemente la superficie de agua expuesta al calor del hogar de la caldera; las dificultades provocadas en los primeros momentos por la corrosión, se vieron muy reducidas cuando los tubos de hierro fueron sustituidos por tubos de acero. A lo largo de este período, el carbón sería el principal combustible en los barcos de vapor, pero a partir de 1860, se estudiaría muy seriamente la posibilidad de usar combustibles líquidos; sin embargo, a pesar de lo mucho que se experimentó, el combustible líquido no encontró demasiadas aplicaciones hasta el comienzo del siglo XX.

Acomodar a la máquina de vapor dentro de los límites aún más reducidos de los locomóviles por carretera y por ferrocarril, constituía un problema todavía más difícil. En 1801, cuando Symington estaba diseñando su remolcador, Trevithick sacaba a la luz su primer carruaje similar movido a vapor; otros experimentos anteriores habían sido ya llevados a cabo por Nicolás Cugnot en 1769 en Francia y por Murdock en 1785 en Cornualles. En 1803, Trevithick condujo un carruaje a vapor similar por las calles de Londres, pero ello atrajo menos la atención que la explosión de la caldera de una de sus máquinas fijas de alta presión; como consecuencia, Trevithick introdujo un manómetro y una válvula de seguridad en la caldera. Fue también Trevithick quien ideó la combinación de la locomotora de vapor y los ralles; esto constituyó un descubrimiento de la máxima importancia, pues mientras el transporte a vapor por carretera nunca llegó a alcanzar grandes proporciones, el desarrollo del servicio de pasajeros por ferrocarril, fue uno de los grandes factores que configuraron la historia del siglo XIX. En 1804, Trevithick diseñó una locomotora capaz de arrastrar una carga de 10 toneladas sobre unos ralles de hierro colado a lo largo de un recorrido de 15.5 kilómetros; esta máquina demostró ser capaz de arrastrar cinco vehículos y setenta personas además de la carga especificada, moviéndose bajo el control de una sola persona a la velocidad de 8 kilómetros por hora; esta demostración sirvió además para silenciar a quienes afirmaban que la fricción entre la rueda de hierro y un carril también de hierro, no era suficiente para permitir el uso de la tracción de vapor sobre ralles; al año siguiente, uno de los mecánicos de Trevithick construía una máquina similar en Gateshead para una mina de carbón en Tyneside; fue este un acontecimiento de mayor significado que los viajes en locomotora que por cinco chelines ofrecía al público de Londres en 1808 en un circuito cerca de Euston Square.

El éxito de 1804 condujo junto con el escalón intermedio de la Locomotora número 1 construida en 1825, al decisivo triunfo de la *Rocket* de Stephenson en octubre de 1829, máquina que su hijo Robert le ayudaría a diseñar; la presión de vapor en la *Rocket* era sólo de 2.8 kilogramos por centímetro cuadrado, pero esta famosa locomotora, serviría de modelo en el futuro con su caldera tubular y su transmisión directa entre el pistón y las ruedas motrices. Había entonces 26 locomotoras funcionando en Inglaterra, entre ellas 18 en las minas de carbón, mientras que 2 habían sido exportadas a Francia y cuatro a los Estados Unidos. En el diseño del chasis de la máquina tuvieron lugar pocos cambios: la locomotora colosal de Gooch construida en 1846, fue una de las de mayor tamaño en su época. A mediados del siglo XIX, los ingenieros de locomotoras de vapor en todo el mundo, basaban su trabajo o bien en un tipo de chasis de chapa característico de las locomotoras inglesas, o bien en un tipo de chasis de barras elaborado en los Estados Unidos; eran además ya comunes las velocidades de más de 95 kilómetros por hora. Se podían encontrar ingenieros británicos en los ferrocarriles de Alemania y Austria, pero la industria ferroviaria rusa fue iniciada principalmente por estadounidenses; una excepción al predominio general angloestadounidense en este período fue Bélgica, que tuvo la primera línea de ferrocarril de Europa

y produjo el mecanismo Walschaerts de distribución por válvulas, usado por los ferrocarriles británicos y por muchos otros hasta el siglo XX. Uno de los objetivos obvios de los diseñadores de locomotoras era el de economizar combustible a base de usar máquinas de expansión múltiple, pues la distancia que una máquina podía recorrer sin detenerse, estaba limitada por la cantidad de combustible y agua que podía llevar encima. Durante largo tiempo la sede principal de las locomotoras de expansión múltiple fue Francia, donde A.G. de Glehn diseñó a partir de 1880, máquinas de cuatro cilindros con enorme éxito.

En la segunda mitad del siglo XIX, un cambio importante experimentado por las locomotoras consistió en el gran aumento en su tamaño, al mismo tiempo que la máquina de vapor se adueñaba del mundo civilizado; entre 1840 y 1880, la potencia de las máquinas de vapor instaladas en el mundo pasó de 2 000 000 de CV a 28 000 000 de CV. Cada año se extendía a nuevos países, nuevas industrias, nuevos servicios; en la década de 1860 por ejemplo, transformó por completo las bombas contra incendios, mientras que la red de comunicaciones, servida por los barcos de vapor y el ferrocarril, ampliaba y unificaba a la vez las áreas civilizadas. Sin embargo, no existieron cambios fundamentales, a excepción hecha de las turbinas de vapor hacia el final del siglo XIX; no obstante, cada uno de sus detalles había sido altamente perfeccionado; existían mejores diseños, mejores materiales y mejores métodos de manufactura, lo que dio como resultado una proporción energía-peso más favorable y un uso más económico del combustible. La expansión múltiple se extendió enormemente, estando colocados los cilindros de alta y baja presión o bien uno detrás del otro o bien uno al lado del otro, siendo normalmente de distinto diámetro pero de la misma carrera. Willans fue un precursor de la estandarización, al elaborar piezas a máquina con un error de menos de 0.025 milímetros y haciendo que el cilindro de alta presión para una máquina de un tamaño determinado, correspondiera exactamente al cilindro de baja presión de otra; pistones, juntas, válvulas y otras muchas piezas fueron también intercambiables. Entre 1890 y 1900, fueron construidas muchas máquinas de este tipo para mover generadores eléctricos y a finales de siglo, el máximo de potencia había subido hasta 2400 CV.

## LA TURBINA DE VAPOR.

La aparición de las máquinas de cuádruple expansión completa la historia de un siglo de desarrollo que comienza con las máquinas de vapor de Watt y Trevithick; con la aparición de la turbina de vapor, los inventores del siglo XIX dotaron al mundo de una nueva máquina motriz, nacida de estudios antiguos sobre la utilización del vapor y basada en los distintos principios. La *esfera de Eolo* de Herón en el siglo I (1 - 99 d.C.) podría ser descrita como una especie de turbina de reacción, puesto que hacía uso directo de la presión ejercida por un chorro de vapor; de nuevo en el siglo XVII (1600 - 1699 d.C.), no sólo encontramos el esquema fantástico de una turbina de aire, sino también proyectos de un tren de laminación movido por aire caliente procedente de una chimenea, así como también un bocarte movido por un chorro de vapor. En 1784, el barón húngaro Kerpelen despertó en Watt el miedo a la competencia con su proyecto de una turbina de vapor, que sería tomado con mayor seriedad por Trevithick 30 años después; esta máquina giratoria de Trevithick consistía en líneas generales en un par de brazos huecos montados sobre un eje: en el extremo de cada uno de estos brazos, había una perforación por la que escapaba el vapor de agua en dirección tangencial y con una presión de 7 kilogramos por centímetro cuadrado, provocando así, que los dos brazos girasen en torno al eje sobre el que estaban montados; su debilidad consistía en que la velocidad de rotación de 250 revoluciones por minuto,

que era la máxima que podía alcanzar, era sólo una quinta parte de la fuerza potencialmente utilizable del vapor de agua.

La moderna turbina de vapor fue diseñada a partir de la turbina hidráulica por Ch.A. Parsons, hijo menor del conde de Rosse e ingeniero de excepcional habilidad e ingenio; el motivo inmediato de su investigación fue la urgente necesidad de una máquina que pudiese mover directamente una dinamo, para lo cual era conveniente una velocidad mayor de la que obviamente podía alcanzar la máquina de vapor alternante. La parte exterior de una turbina, consistía en una carcasa circular fija llamada estator y provista de hileras de álabes fijos en su parte interior, un eje central o rotor que iba provisto de una corona de álabes similares; el vapor que circulaba a través del estator en una dirección paralela al eje o rotor, pasaba alternativamente a través de los dos juegos de álabes, provocando el giro en el eje o rotor. Parsons obtuvo las primeras patentes en 1884 y ese mismo año, puso en funcionamiento el primer turbogenerador, el cual giraba a una velocidad de 18 000 revoluciones por minuto; tres años más tarde construyó una turbina de reacción con fases de alta y baja presión y para 1891, construyó la primera turbina de condensación, que demostró consumir menos vapor que una máquina de vapor convencional de igual capacidad, aventajándola también en ahorro de espacio, mayor seguridad y ausencia de vibraciones; en 1899, construyó la primera turbina con dos cilindros acoplados y que estaba dotada de turboalternadores que generaban cada uno de ellos 1000 kilowatts para la ciudad alemana de Elberfeld. Parsons coronó su intento de proporcionar a la industria eléctrica en rápido crecimiento, una máquina motriz adecuada a sus necesidades, con su éxito al utilizar por primera vez la turbina de vapor como sistema de propulsión naval. Su primer intento efectuado en 1894 con una turbina de flujo radial, fracasó debido a que el diseño de la hélice estaba hecho de tal forma, que a la elevada velocidad a la cual giraba, no proporcionaba el necesario impulso; las dificultades en el diseño de las hélices, fueron superadas al aumentar el área de sus superficies. Tres turbinas juntas a bordo del *Turbinia*, desarrollaron cerca de 2000 CV e impresionaron a comandantes y monarcas cuando realizó sus primeras maniobras navales en 1897, logrando la entonces inaudita velocidad de 34.5 nudos. Se observó no obstante, que las turbinas desarrollaban velocidades mayores de las convenientes para las hélices; de ahí que cuando el uso de la turbina se extendió enormemente como sistema de propulsión para los barcos, se introdujesen engranes para reducir la velocidad de giro, así como engranes de doble reducción para los barcos mercantes de marcha moderada, en los que se exigían hélices que giraran a una velocidad inferior a las 100 revoluciones por minuto.

## EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

Aunque el motor de combustión interna, ya había adquirido en el año 1900 sus rasgos más característicos, su enorme influencia sobre la civilización mundial, no se dejó sentir hasta bien entrado el siglo XX; por otro lado, tuvo mucho en común con las máquinas de vapor - la parte fundamental de ambas máquinas es un pistón movido en el interior de un cilindro - sin embargo, esta semejanza actuó hasta cierto punto como obstáculo en el desarrollo del nuevo motor; los primeros inventores tendían a adoptar algunas de las características de las máquinas de vapor que no eran las más apropiadas para los motores de combustión interna. A pesar de que el motor de combustión interna hizo su aparición efectiva un siglo más tarde que la máquina de vapor, su historia es igual de larga, ya que ambos se pueden considerar derivados de los experimentos realizados por Huygens y Papin con una máquina movida por pólvora. Por lo que respecta al motor de combustión interna, la idea fundamental había sido concebida mucho antes de que



existieran los medios para llevarla a la práctica de modo satisfactorio o el incentivo necesario para ponerla en práctica, cosa que ocurre con muchos inventos. Durante el siglo XIX, la disponibilidad efectiva de gas de hulla y posteriormente de los volátiles derivados del petróleo para los que no existía demanda, provocaron que los proyectos se encaminaran nuevamente hacia los motores de combustión interna; al mismo tiempo, el creciente conocimiento y dominio de la electricidad, ofrecían un sistema muy adecuado de ignición, aunque éste no fue el único utilizado en los primeros motores. Los incentivos no eran demasiado alentadores; a pesar de la aplicación moderna más importante de los motores de combustión interna, esto es, el transporte por tierra, mar y aire, estos usos difícilmente pudieron entrar en los propósitos de los primeros inventores; al margen de que los trenes y los barcos de vapor debieron representar para muchos la casi perfección en el transporte terrestre y marítimo, el combustible de los primeros motores de combustión interna era el gas de hulla, el cual, al depender enteramente de la proximidad de una reserva de combustible, o del reabastecimiento frecuente, no ofrecían grandes posibilidades a la transportación de largas distancias, además, la relación peso-energía de los primeros motores era muy alta y las revoluciones que producían eran muy bajas, sólo en los últimos años del siglo, hicieron su aparición los motores a gasolina veloces y ligeros; en consecuencia, todos los motores de combustión interna de la primera época, eran fijos y estaban diseñados para usos industriales.

#### LOS MOTORES DE GAS.

A pesar de que el motor de pólvora del siglo XVII (1600 -1699 d.C.) puede ser considerado con toda justicia como el antecesor inmediato del motor de combustión interna, debieron pasar casi dos siglos antes de que tal máquina fuera desarrollada con éxito. En 1794 fue depositada en Inglaterra, una patente para un motor de gas y treinta años más tarde, se usaban motores de este tipo para bombear agua; sin embargo, en la Gran Exposición sólo se exhibía un ejemplar puesto en uso por Drake en 1843 en los Estados Unidos; hasta 1859, fecha en la cual un ingeniero francés llamado Etienne Lenoir, construyó un motor de gas que había sido diseñado en muchos aspectos, de acuerdo a la práctica seguida en la construcción de máquinas de vapor, no consiguiendo por tanto ningún éxito real; carecía entre otras características esenciales, de un sistema para comprimir la mezcla antes de ser quemada; su rendimiento no admitía comparación con el de las máquinas de vapor contemporáneas de la misma potencia, pero en cualquier caso se trataba de todo un acontecimiento, ya que era el primer motor no movido por vapor de agua, capaz de trabajar de forma continua a nivel industrial.

Durante 20 años no se llegaría a construir un motor de gas que obtuviera un éxito completo: lo lograría el motor horizontal construido por N.A. Otto en 1876, del que se vendieron unos 50 000 ejemplares, con un total de 200 000 CV; durante los primeros 17 años a partir de su presentación por la firma alemana Otto und Langen; este motor funcionaba sobre la base del llamado ciclo Otto, usado casi universalmente a partir de 1890 en todos los motores de combustión interna. Las principales excepciones al empleo del ciclo Otto las constituían los motores baratos y de menor potencia, diseñados para máquinas segadoras y motocicletas de poco peso, que con frecuencia funcionaban según el principio más simple del ciclo de dos tiempos; Sir Dugald Clerk aplicó la compresión a este tipo de motor en 1878 en Escocia. El ciclo Otto, controlado por válvulas que regulan la entrada de combustible y la expulsión de los productos de la combustión, es un ciclo de cuatro tiempos: en el primer tiempo, la mezcla explosiva se introduce en el cilindro; en el segundo, la mezcla es comprimida por el émbolo y luego encendida; en el tercero, la fuerza de la explosión lleva al émbolo a su posición de partida y en el cuarto tiempo, el émbolo en su

recorrido de regreso, expulsa los productos gaseosos de la combustión, quedando todo dispuesto para la repetición del ciclo. Aunque se trató probablemente de un descubrimiento independiente, un invento francés de 1862 que nunca llegaría a ser explotado, se anticipó claramente al ciclo de Otto. El éxito de Otto demostró del modo más efectivo, la posibilidad de utilizar motores de gas y a finales del siglo XIX, las mejoras en el tamaño, rendimiento y seguridad, así como en la preparación de combustibles gaseosos especiales, hicieron que fueran francamente competitivos con las máquinas de vapor; para 1881, el motor de gas de mayor potencia, tenía unos 20 CV; para 1917, año en que alcanzaría su mayor popularidad, se usaban ya motores de 5000 CV.

#### LOS MOTORES DE ACEITE PESADO.

Entretanto, se habían realizado importantes progresos en la utilización de combustibles que determinarían la principal línea de evolución de los motores de combustión interna: los combustibles líquidos derivados del petróleo comenzaban a ganar la batalla al gas derivado de la hulla, existiendo dos causas para ello: primero, sólo se podía disponer entonces de gas en los lugares relativamente cercanos a las fábricas donde era manufacturado; segundo, el uso de un combustible líquido que se pudiera transportar y almacenar fácilmente, que pudiera ser introducido al motor por la simple acción de la gravedad y que diera más calor por unidad de peso que el carbón, ofrecía una perspectiva muy atractiva, de hecho, en ese momento la industria del petróleo podía ofrecer precisamente este tipo de combustible a un precio competitivo. Aunque los derivados del petróleo más ligeros y de peligrosa volatilidad, estaban destinados a ser el combustible de mayor importancia en los motores de combustión interna, fueron utilizados primero las fracciones del queroseno más pesadas. El uso de combustibles relativamente poco volátiles, presentaba problemas técnicos diferentes de los planteaba la gasolina, la cual, se evapora por completo a temperatura ambiente.

Para preparar una mezcla de combustible y aire capaz de explotar en el interior del cilindro, se requiere vaporizar los combustibles líquidos o bien pulverizarlos en partículas extremadamente pequeñas; una vez que se pone en marcha el motor, la vaporización del combustible y la explosión de una muestra equilibrada en el interior de un motor de aceite pesado, pueden obtenerse de forma espontánea a causa del gran calor generado por la carrera de compresión. Mientras este método tiene la enorme ventaja de permitir prescindir de un sistema de ignición externo, que aun hoy, es la causa aislada más importante de las fallas en los motores de gasolina, tiene sin embargo, algunas desventajas implícitas: el alto grado de compresión necesario para obtener una ignición espontánea, exige una estructura muy fuerte en el motor y por lo tanto, muy pesada, de modo que los motores de aceite pesado no se ajustaban al esquema de peso reducido y baja potencia; además, estos motores solían funcionar mal a bajas velocidades; como consecuencia, los motores de aceite pesado no tuvieron muy buena acogida para su aplicación en los automóviles, pero han sido muy usados en las versiones más pesadas de vehículos para transporte por carretera y han tenido también, un enorme éxito como grandes motores fijos o marinos. No obstante su sistema de encendido espontáneo, se requiere algún medio para iniciar el movimiento en frío: sólo un grado de compresión excepcionalmente alto, puede provocar la ignición de mezclas de aceites pesados con aire, al hacer simplemente que la máquina reproduzca su ciclo unas cuantas veces.

En 1873, un motor construido por Brayton, ingeniero estadounidense, la primera explosión era provocada con la ayuda de un cilindro de aire comprimido, el cual, era recargado después por el mismo motor una vez iniciada la ignición espontánea. Un motor de aceite pesado de mayor éxito

y con una potencia de 100 CV, fue patentado en 1886 por Dent y Priestman, residentes de Hull; este motor funcionaba según el esquema de cuatro tiempos de Otto, y se ponía en marcha precalentando el cilindro. En todos estos motores, el aceite pesado que se empleaba como combustible, pasaba antes de la combustión a través de un precalentador alimentado por los gases provenientes del escape; un motor que tuvo considerable éxito fue el Ackroyd-Stuart, producido en Inglaterra en 1890 y manufacturado en grandes cantidades por la firma Ruston y Hornsby en Lincoln.

El motor Diesel, patentado por Rudolf Diesel en Inglaterra en 1892 y manufacturado con éxito a partir de 1897, es notable por la cuidadosa atención prestada a los principios de la termodinámica; estos principios fueron expuestos en detalle por Diesel en 1893, en su obra titulada *Theorie und Konstruktion eines Rationellen Wärme-motors*. Su objetivo, que posteriormente se demostraría imposible de cumplir en su totalidad, era evitar que la temperatura del motor se elevase por encima de la de los gases comprimidos en los cilindros, de forma que se evitase la necesidad de un sistema de refrigeración; trató también de aumentar la eficiencia al disminuir la temperatura de los gases procedentes de la explosión. Las ideas de Diesel en el campo de la termodinámica nunca fueron llevadas a la práctica en su totalidad y al cabo de unos pocos años, la diferencia entre el motor de Diesel y el resto de los motores de aceite pesado, fue su grado de compresión excepcionalmente elevado, el cual, favorece un alto rendimiento térmico.

#### LOS MOTORES DE GASOLINA.

Los principios esenciales del motor de gasolina, son los mismos que los de los motores de gas y de aceite pesado, las diferencias más importantes estriban en los sistemas de inyección e ignición del combustible, así como en el hecho de que se trata esencialmente de un motor de muy alta velocidad. A pesar de que se dice que un ingeniero austriaco llamado Siegfried Markus construyó entre 1864 y 1874, varios vehículos impulsados por motores de gasolina, se reconoce por lo general como iniciador de estos experimentos al ingeniero alemán Gottlieb Daimler, quien durante varios años se había interesado por el diseño y la construcción de motores de gas; su primer motor de gasolina patentado en 1885, era una máquina de un solo cilindro vertical, refrigerada por aire y que funcionaba según el ciclo de Otto; la mezcla explosiva se preparaba al pasar aire a través de la gasolina dentro de una cuba de nivel constante, encendiéndose por medio de un tubo calentado desde el exterior e insertado en la culata del cilindro. Al año siguiente, este motor sería aplicado con pleno éxito a una bicicleta y posteriormente a un carruaje; al cabo de tres años, Daimler había construido un motor de dos cilindros en el que los dos pistones movían un solo eje: originalmente, se había pensado poner válvulas a ambos pistones, pero esta idea nunca sería llevada a la práctica; el motor fue fabricado en gran número, no sólo para la industria del automóvil, sino también para ser incorporado a pequeñas embarcaciones y para ser usado como motor fijo.

Al mismo tiempo que Daimler, otro ingeniero alemán llamado Karl Benz, se dedicaba a la construcción de motores pensados específicamente para automóviles; el motor construido por Benz en 1885 con un solo cilindro, difería del de Daimler en que dicho cilindro iba situado en posición horizontal, disponía de un sistema eléctrico de ignición y era capaz de moverse a velocidades relativamente reducidas. Aplicado inicialmente a un vehículo de tres ruedas, el motor obtuvo considerable éxito en 1893, al ser utilizado en una versión de 3.5 CV en un vehículo de cuatro ruedas, prolongándose su producción hasta el año 1901. Su sistema de ignición provocada por medio de una bobina eléctrica de inducción, fue adoptado muy pronto por la mayoría de los

fabricantes de motores; la bobina estaba alimentada por un acumulador y provista de un sistema de contacto rotorario movido por el propio motor, a fin de que la chispa se produjera en el momento adecuado del ciclo de cuatro tiempos; la chispa era producida por medio de una bujía desmontable de diseño esencialmente moderno y montada en la culata del cilindro. El carburador era de radiación, de concepción similar al usado en el motor de Daimler, a excepción de que el calor del escape contribuía a la volatilización, además de estar provisto de un obturador que servía como estrangulador del aire, a fin de controlar su admisión.

A partir de 1893, Daimler y otros fabricantes de automóviles, adoptaron el moderno carburador de flotador inventado por Wilhelm Maybach. El nivel de la gasolina en la cuba de este carburador, se mantiene constante por medio de un flotador que mueve una válvula de aguja; la cuba de nivel constante comunica a través de un surtidor muy fino, con el orificio de admisión del cilindro: la succión del cilindro hace que se inyecte en la toma de aire, una lluvia extremadamente fina de gasolina. Hasta la primera guerra mundial, la única alternativa al carburador de flotador, era el carburador de mecha Lanchester acoplado a los motores Lanchester que aparecieron en 1897; en este sistema, se hacía pasar el aire a través de una serie de mechas bañadas en una pequeña cuba alimentada constantemente por el tanque principal de combustible.

A lo largo de todo este período, sólo se emplearon motores de gasolina de uno o dos cilindros; los motores de múltiples cilindros harían su aparición muy posteriormente. Aun siendo motores de sólo dos cilindros, su diseño presenta considerables problemas de ingeniería: la dificultad más importante consiste en que en un motor de cuatro tiempos, sólo se produce un movimiento de impulso por cada dos giros en el eje del cigüeñal. Desde el punto de vista del equilibrio del motor es de desear, suponiendo que los dos cilindros estén dispuestos uno al lado del otro, que un pistón realice un movimiento ascendente mientras el otro realiza el descendente; el efecto de ello, es que el eje del cigüeñal recibe impulso durante dos medios giros sucesivos, pero no recibe en absoluto ningún impulso durante todo el giro posterior; esto se puede superar si los dos pistones suben y bajan juntos, realizando uno el primer tiempo del ciclo mientras el otro realiza el tercero; sin embargo, esto desequilibra a la máquina y le impone una tensión excesiva. Una solución que no se difundió demasiado por las dificultades que implicaba, consistía en utilizar cilindros horizontales y opuestos entre sí; no obstante, gran número de fabricantes de entre los cuales, quizá el que más éxito obtuvo fue F.W. Lanchester, pusieron en uso varios sistemas ingeniosos; en su motor, Lanchester aplicaba el principio de los dos cilindros horizontales y opuestos entre sí, pero en lugar de un solo eje de cigüeñal habían dos, uno encima del otro; cada pistón iba conectado con ambos ejes, los cuales a su vez movían dos volantes independientes, pero que iban engranados de tal modo que giraban en direcciones opuestas; la cadena de transmisión al puente trasero iba por supuesto, unida a uno solo de los ejes del cigüeñal.

La mayoría de los motores de combustión interna de la primera época, estaban refrigerados por aire: Diesel dedicó gran atención a la consecución de bajas temperaturas en el motor, con el propósito entre otros, de eludir la necesidad de un sistema de refrigeración; el efecto refrigerante del aire se puede aumentar al multiplicar la superficie externa del cilindro por medio de aletas, mientras que la corriente de aire resultante de la velocidad del propio vehículo, contribuye al mismo propósito y puede ser aumentada de ser necesaria, con un ventilador como en el caso del motor Lanchester. La circulación del aceite lubricante, se llevaba a cabo mediante una bomba de mano en los primeros automóviles y mecanizada en el primer motor Lanchester; la lubricación contribuía además a la refrigeración. Sin embargo, antes de 1900 hizo su aparición un sistema adicional de

refrigeración por medio de la circulación de agua, el cual, constituyó una de las características del primer automóvil Ford de 1896 y también de los primeros motores Lanchester.

Este fue en pocas palabras el camino que siguió la evolución del motor de combustión interna hasta el año 1900, fecha en la que ya se habían construido decenas de miles de motores. Aunque su impacto social no se dejó sentir hasta el siglo XX, es preciso señalar que todos los problemas esenciales, habían sido resueltos: se puede con toda justicia decir que un automóvil moderno no contiene ningún mecanismo que hubiese podido cambiar el concepto del automóvil del siglo XIX. El cambio más importante fue el paso de la construcción de encargo a la construcción en serie, e incluso este mismo cambio se produjo sólo poco después de este período, puesto que la Ford Motor Company fue fundada en 1903.

## EL DESCUBRIMIENTO DE LA ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica es una excepción en el sentido de que su nacimiento y desarrollo, fueron consecuencia directa de investigaciones científicas; por otro lado, es posible establecer con bastante seguridad, la fecha de transición de la electricidad como ciencia experimental a la electricidad como fuente de energía de plena utilidad. El acontecimiento clave fue la demostración práctica de la inducción electromagnética llevada a cabo por Michael Faraday, y de la que se pasó informe a la Royal Society el día 24 de noviembre de 1831: al cabo de muy poco tiempo ya se fabricaban generadores electromagnéticos para ser vendidos al público.

Ya en fecha muy antigua, era sabido que si se frotaba un pedazo de ámbar - de nombre *elektron* en griego - éste adquiría el poder de atraer ciertos objetos de muy poco peso, tales como plumas de ave o trocitos de papel. William Gilbert, médico de la reina Isabel I de Inglaterra y famoso por su obra *De magnete*, la cual, es un amplio tratado sobre el magnetismo al que poco se pudo añadir durante dos siglos, conocía una veintena de sustancias que poseían la misma curiosa propiedad del ámbar; de ello, había derivado la conclusión de que el *effluvium* que provocaba este fenómeno, estaba ampliamente difundido. Los filósofos de los siglos XVII y XVIII (1600 - 1799 d.C.) encontraron muy interesante este fenómeno y verificaron algunas de las propiedades de la electricidad estática, esto es, la carga eléctrica como algo diferente de la corriente eléctrica. En 1660, Von Guericke inventó una máquina de fricción capaz de generar un flujo continuo de electricidad; poco después, Francis Hauksbee demostraba que los objetos cargados de electricidad, podían mutuamente repelerse lo mismo que atraerse; en 1729 Stephen Gray realizó una importante contribución al distinguir entre conductores y no conductores. En la década de 1730, el físico francés Charles Du Fay descubrió que la electricidad inducida por frotamiento, puede ser de dos tipos, llamadas a partir de entonces positiva y negativa.

En 1754 John Canton, un aprendiz de tejedor que llegaría a convertirse en miembro de la Royal Society, establecía las bases cuantitativas de esta ciencia al diseñar un instrumento para medir la electricidad, basado en la repulsión de bolas de médula de igual carga suspendidas en hilos; este importante instrumento fue perfeccionado por el italiano Alessandro Volta, de modo que los investigadores de los diferentes laboratorios pudiesen comparar sus conclusiones; para 1787, sería objeto de un nuevo diseño hecho por Bennet, que lo convertiría en el electroscopio de lámina de oro, el cual, permitiría a Canton demostrar que un cuerpo cargado de electricidad, induce una carga en cualquier otro cuerpo que se le aproxime. Mientras tanto, Musschenbroek había inventado la llamada *botella de Leyden*, por medio de la cual se podían acumular considerables

cantidades de electricidad producidas por una máquina y luego ser descargadas con toda facilidad: tal botella era en realidad un condensador en su sentido más amplio.

En Filadelfia, Benjamin Franklin haciendo volar cometas durante las tormentas y obteniendo descargas en el extremo del hilo al que iban atadas, identificó los relámpagos como descargas eléctricas. Simultáneamente, en Italia se estaban realizando importantes investigaciones; los experimentos de Luigi Galvani sobre los movimientos de un anca de rana, que él equivocadamente atribuye a una forma especial de electricidad animal, atrajeron la atención de Volta, quien demostró que el origen de la electricidad en tales experimentos, era el contacto entre dos diferentes metales sumergidos en una solución. Fue éste el origen de la pila voltaica, que consistía en una serie de placas de plata o cobre y zinc - metales elegidos después de una serie de experimentos sistemáticos - colocadas alternativamente y separadas por trozos de franela o papel empapados en salmuera. Este descubrimiento sería comunicado a la Royal Society en el año 1800: su enorme importancia estriba en el hecho de que proporcionaba una fuente simple y eficaz de corriente eléctrica continua y de este modo, facilitaba enormemente los experimentos. Una batería de tal tipo es en líneas generales, una máquina que convierte la energía liberada durante una reacción química, que normalmente hace su aparición en forma de calor, en energía eléctrica.

En 1802, Davy observó que cuando se hace pasar de forma continua una chispa eléctrica entre dos piezas de carbono, se establece una luz muy brillante: éste fue el principio de la lámpara de arco. De mayor importancia inmediata para el desarrollo de la industria de la electricidad fue la descripción por el físico danés H.C. Oersted, del campo magnético que rodea a un conductor al ser recorrido por una corriente eléctrica. Casi al mismo tiempo A.M. Ampère en París, proporcionaba a esta observación una base cuantitativa, estableciendo la relación entre la fuerza del campo magnético y la de la corriente eléctrica que lo produce. También se demostró que el movimiento de un conductor continuo en un campo magnético, hace que aquél sea recorrido por una corriente eléctrica. En septiembre de 1831, Faraday utilizó la interacción de los campos eléctrico y magnético, para producir un movimiento mecánico; primero el 3 de septiembre, hizo que un cable recorrido por una corriente eléctrica girara en torno a un cable por el que pasaba una corriente. Aunque el aparato de Faraday era puramente experimental y no se pretendía sacar de él ninguna utilidad práctica, representó un gran paso adelante; no sólo había diseñado el primer motor eléctrico, sino que ya que una máquina es en líneas generales, un motor que funciona al revés, había mostrado el camino hacia la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica. No obstante que tendrían que resolverse todavía muchas dificultades prácticas, se había hecho posible el desarrollo de la moderna industria de la electricidad; desde este momento, la historia del desarrollo de la energía eléctrica durante el siglo XIX, se puede reseñar bajo tres aspectos generales: su producción, su distribución y su utilización.

## LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD.

El uso generalizado de la electricidad como fuente de calor, luz y energía, dependía de los progresos efectuados en la búsqueda de métodos mecánicos para su generación; el primer generador mecánico fue expuesto en París menos de un año después de que Faraday leyera en 1831, su ya clásica comunicación ante la Royal Society por un fabricante de instrumentos llamado Hippolyte Pixii, cuyo generador movido a mano, tenía las bobinas fijas, mientras que el imán en forma de herradura giraba en torno a ellas. Pero antes de transcurrido otro año, se exhibió en Cambridge, en una reunión de la British Association for the Advancement of Science, una máquina

en la que se empleaba el principio opuesto, es decir, se usaban bobinas giratorias y un imán fijo; éste es el sistema que hoy se usa por lo general; para 1834, ya se fabricaban en Londres y con destino al comercio, generadores de bobinas giratorias. Los primeros generadores producían corriente alterna, esto es que la dirección del flujo eléctrico cambiaba constantemente con una frecuencia que dependía de la velocidad a la que se hacía girar la máquina; esto se consideraba una gran desventaja debido a que todos los trabajadores estaban acostumbrados a trabajar con la corriente continua que proporcionaban las baterías. No obstante, hacia finales del siglo se comprobó que para su uso en gran escala, la corriente alterna tenía grandes ventajas sobre la continua. Por entonces, sin embargo, el problema de convertir la corriente alterna en continua fue resuelto por medio de la invención del conmutador mecánico; un conmutador diseñado por Ampère fue instalado en uno de los primeros generadores preparados por Pixii. Otros adelantos sucedieron con rapidez; una sola bobina rectangular que gira en un campo magnético, produce una corriente cuyo voltaje fluctúa considerablemente de acuerdo a la velocidad de rotación; para evitarlo, se diseñó una combinación de bobinas o inducido: al generarse en cada bobina y sucesivamente un voltaje máximo, se evitaban en gran medida las irregularidades, mientras que a una velocidad determinada de rotación, se podía obtener un voltaje casi constante. En 1825 William Sturgeon, fundador de *Annals of Electricity* o primera revista inglesa sobre electricidad, usaba ya electroimanes excitados por baterías como alternativa a los imanes permanentes; éste fue el origen de un perfeccionamiento de la máxima importancia: el principio de la autoexcitación. En 1855, el ingeniero danés Soren Hjorth obtuvo en Inglaterra, una patente que nunca llegaría a explotar y en la que mostraba claramente que, una vez puesta en marcha la máquina, los electroimanes podían ser activados no por medio de una batería externa a la máquina, sino por la utilización de una parte de la electricidad generada; sin embargo, la máquina debía empezar a funcionar con imanes permanentes. Diez años habrían de pasar antes de que se comprobase que los electroimanes, poseían suficiente magnetismo remanente en su núcleo de hierro dulce, como para proporcionar el campo magnético necesario para que un generador eléctrico se pusiese en funcionamiento. El descubrimiento del principio de la autoexcitación, se atribuye a C.F. Varley, quien lo dio a conocer en una patente obtenida a finales de 1866; la importancia de este descubrimiento era que hacía al generador eléctrico autosuficiente, es decir, era una máquina a la que sólo había que poner en marcha, para que produjera electricidad tanto tiempo como fuera necesario. Con la aplicación de una máquina de vapor para mover al Inducido, la utilización de la electricidad en gran escala dio un paso adelante; ya para 1857 en Inglaterra, se había hecho para generar electricidad con la cual alimentar las lámparas de arco de los faros.

Mientras tanto, las posibilidades de las lámparas de arco para la iluminación de calles y grandes edificios, y particularmente las lámparas de incandescencia de Edison y Swan para usos domésticos, así como las necesidades crecientes de la industria, habían hecho necesario el diseño y la construcción de generadores de energía eléctrica de considerable tamaño. En la industria eléctrica, Ferranti ocupa un lugar importante en su defensa de la distribución general a alto voltaje que encontró una aplicación práctica en 1889, cuando entró en funcionamiento la central eléctrica que había diseñado y construido en Deptford para la London Electricity Supply Corporation; la central incluía cuatro máquinas de vapor de 10 000 CV que movían alternadores de 10 000 voltios, así como también dos motores de 1250 CV que movían alternadores de 5000 voltios; Ferranti también fue el autor de 176 inventos entre los que se incluyen un alternador, cables y un contador eléctrico para medir el consumo de los clientes de su compañía. La central eléctrica de Deptford fue el prototipo de las instalaciones modernas, pero no fue la primera que se construyó; ya en 1875 se había instalado en la Gare Nord de París, un generador Gramme para proporcionar energía a las lámparas de arco del alumbrado público y el mismo año, una factoría en Mülhausen, Alemania

y una fábrica de chocolate de Menier en Noisiel-sur-Marne, Francia, fueron algunas de las varias empresas que adoptaron el sistema. En 1878 en Filadelfia, se instaló en un almacén un grupo electrógeno que permitía su iluminación por medio de lámparas de arco; en Nueva York, la central eléctrica de Edison en Pearl Street, entró en funcionamiento en 1882. En Londres, la central de Holborn Viaduct había sido inaugurada unas semanas antes que la de Pearl Street de Nueva York, mientras que la instalación de lámparas de arco en el Gaiety Theatre en ese mismo año, fue propaganda eficazísima de las posibilidades de los generadores de la época. En 1883, se construyó una pequeña central eléctrica para iluminar la Grosvenor Gallery, vendiéndose el excedente de electricidad a una serie de clientes de las cercanías; en Brighton se construyó otra central eléctrica en 1887 para atender a las necesidades locales.

Parsons construyó su primer turboalternador logrando que trabajara a una velocidad de 4800 revoluciones por minuto, instalándose en la central eléctrica de Forth Banks, Inglaterra; esta central, tenía una capacidad inicial de 75 Kilowatts; para el año 1900, ya había construido dos turboalternadores de 1000 Kilowatts para Elberfeld, Alemania. Mientras tanto, la creciente necesidad de electricidad fue causa de que la atención se dirigiera hacia las posibilidades de utilización de una de las más antiguas fuentes de energía mecánica: la rueda hidráulica; esta rueda había sido enormemente mejorada por el francés Benoit Fourneyron en 1827 al lograr su turbina hidráulica centrífuga, que le valió un premio de la Société d'Encouragement. Una de sus primeras máquinas operaba a 2300 revoluciones por minuto bajo un salto de agua de más de 100 metros; tales saltos de agua sin embargo, no eran comunes en Europa y de ahí que sus máquinas se vieran desplazadas por la turbina de Jonval de flujo axial, que fue puesta en uso en 1843; ésta sería seguida por la turbina centrípeta, concebida por Poncelet en 1826 y construida de forma bastante rudimentaria por Howd en Nueva York, siendo muy mejorada doce años después por James Francis y James Thompson, quien diseñó la turbina de hélice en 1852. Hacia 1870, un ingeniero de minas británico llamado Lester Pelton, que trabajaba en los yacimientos de oro de California, descubrió a consecuencia de un accidente sufrido por una rueda hidráulica convencional, que era posible conseguir que las turbinas hidráulicas trabajaran rápida y eficazmente, mediante chorros de agua a alta presión dirigidos sobre álabes en forma de cuchara y colocados alrededor de su circunferencia. Veinte años más tarde funcionaba en Alaska una turbina Pelton de 500 CV, movida por un chorro de agua alimentada por un salto de 120 metros.

La primera gran instalación hidroeléctrica se comenzó a instalar en el Niágara en 1886, tras dieciséis años de estudios; estaba diseñada para tener una capacidad final de 200 000 CV; inicialmente se había pensado equiparla con turbinas Jonval, pero finalmente en 1895, la Niagara Falls Power Company utilizó dos turbinas centrífugas Fourneyron, cada una de las cuales generaba 5500 CV.

## LA DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

El aislamiento de cables para trabajos de electricidad, se convirtió en una parte importante de las tareas de los primeros investigadores; la alta conductividad de los metales, especialmente del cobre y la plata, había sido reconocida hacía tiempo y eran ampliamente utilizados los cables de estos metales y también de hierro, el cual, tenía un costo más bajo si bien se corroía y tenía menos capacidad para la conducción. Para determinados propósitos, las propiedades aislantes del aire eran suficientes, de forma que sólo era necesario preocuparse del aislamiento a base de cristal, loza o azufre en los puntos de apoyo. Sin embargo, cada vez eran más solicitados los



cables aislados en toda su extensión y al principio, ello se lograba cubriéndolos laboriosamente a mano con seda o algodón, para después revestirlos con una capa protectora de barniz; para la década de 1840, ya se usaban otros aislantes y métodos de producción en masa de cables con capa protectora, siendo el desarrollo del telégrafo eléctrico, un poderoso estímulo.

A partir de la década de 1850, la expansión de la industria eléctrica en general, y del telégrafo eléctrico en particular, exigió un enorme número de aislantes de porcelana para los postes de telégrafo, mientras que a partir de 1888, se comenzaron a utilizar para este mismo propósito, aislantes de cerámica basada en la esteatita; hacia finales del siglo XIX, se empezaron a utilizar aislantes con cierre de aceite para evitar pérdidas en las conducciones a altos voltajes a causa de las películas superficiales de humedad. Para los cables enterrados, necesarios en la mayoría de las zonas urbanas debido a que las autoridades no permitían el cableado aéreo, Hancock inventó en 1848 una máquina que protegía el cable en toda su longitud con gutapercha (obtenida de un árbol de Malasia); sin embargo, la gutapercha no era demasiado satisfactoria debido a que era perecedera. La vulcanización de la gutapercha comenzó en 1850, pero surgieron nuevas dificultades a causa de la corrosión que ejercía el azufre sobre el cobre. Al año siguiente, se harían varios intentos de aislar los cables de telégrafo con betún; aunque estos primeros intentos no tuvieron éxito, las sustancias bituminosas serían muy utilizadas más tarde en los cables eléctricos. Al hacerse cada vez más importante la resistencia mecánica y la resistencia a la abrasión, se empezaron a fabricar cables reforzados; los cables recubiertos de plomo se comenzaron a utilizar en 1850, mientras que para condiciones menos duras se usaron cables protegidos con tela. La práctica moderna de identificar los elementos de un cable de varios hilos dando a cada uno de ellos un diferente color, se inició en 1852. A finales del siglo XIX, el caucho - relativamente caro - era aceptado como el mejor aislante para cables eléctricos de uso común; como había ocurrido con la gutapercha vulcanizada, surgieron algunas dificultades a causa de la combinación química entre los alambres de cobre y el azufre del caucho vulcanizado, no obstante, fueron superadas al darle un baño de estaño a los cables antes de recubrirlos.

Los problemas particulares planteados por la central eléctrica de Deptford, llevaron a Ferranti a explorar las posibilidades del papel como aislante para altos voltajes; esta ambiciosa aventura fue iniciada cuando no solo no existían generadores ni transformadores capaces de trabajar a más de 2500 voltios, sino ni siquiera cables adecuados para la distribución de la energía. Los experimentos de Ferranti con conductores que consistían en tubos concéntricos de cobre, separados con papel parafinado enrollado en espiral, tuvieron tanto éxito que este sistema fue adoptado como práctica generalizada durante muchos años; este tipo de cable, tenía ciertas ventajas intrínsecas, además de servir perfectamente para el intenso trabajo que de ellos se requería; por ejemplo, era particularmente adecuado para ser usado con corriente alterna porque tenía una capacidad electrostática mucho menor que la que se obtenía con facilidad con otros materiales aislantes; además, el diseño concéntrico tenía la ventaja de que el cable no ejercía inducción sobre otras instalaciones eléctricas vecinas de telégrafo o de teléfono, razón de gran importancia a medida que la red eléctrica en las calles de las ciudades se hacía más y más compleja.

## APLICACIONES DE LA ENERGIA ELECTRICA.

### LA TELEGRAFIA.

La telegrafía, en el moderno sentido del término, es en gran medida un producto de la Revolución Francesa, surgido cuando las fuerzas francesas estaban combatiendo en muchos frentes y una comunicación rápida entre los distintos cuerpos del ejército era asunto de la mayor importancia. Entre los más ardientes defensores de la Revolución Francesa se encontraba Claude Chappe, quien en 1790, se concentró en el estudio de la telegrafía de larga distancia; aunque investigó las posibilidades del telégrafo eléctrico, su conclusión final fue recomendar que se levantaran una serie de estaciones con los brazos que servirían de semáforos y telescopios, habitualmente a no más de 16 kilómetros de distancia entre sí, pudiéndose transmitir mensajes por medio de un código predeterminado. En 1793, Chappe fue nombrado *ingénieur-télégraphe*, con instrucciones de levantar una serie de estaciones entre Lille y París; el primer mensaje - que anunciaba la recaptura de Le Quesnoy - se transmitió en agosto de 1794. Antes del final del siglo XVIII, París se hallaba unido en forma semejante con Brest y Estrasburgo, mientras que a mediados del siglo XIX, cuando el sistema de Chappe fue definitivamente abandonado, ya contaba con una red de 5000 kilómetros.

Los informes procedentes de Francia, llevaron al almirantazgo inglés a adoptar un sistema similar de estaciones, siendo la diferencia principal el uso de contraventanas móviles en lugar de brazos de semáforo. Aproximadamente por estas mismas fechas, se instaló en los Estados Unidos un sistema de semáforos que unía una isla frente a las costas de Massachusetts con Boston, para proporcionar información sobre los barcos que navegaban por aquellas aguas. Trabajando en condiciones ideales, tales sistemas visuales podían transmitir mensajes con sorprendente rapidez: se decía que un mensaje corto podía ir de Londres a Deal en un minuto. Había no obstante, una serie de obvias ventajas inherentes al sistema; este era extremadamente pródigo en mano de obra; en su momento culminante, el sistema francés incluía más de 500 estaciones distintas y lo que es peor, era sumamente vulnerable a las condiciones atmosféricas, ya que la visibilidad limitada en un sector del recorrido, podía dañar seriamente si no impedir por completo, el intercambio de señales; el sistema de semáforos, se justificaba en momentos en que una comunicación rápida era de vital importancia, pero tenía un valor limitado para ser aplicado a usos civiles.

El futuro estaba reservado al telégrafo eléctrico, pero el estímulo necesario para su desarrollo no hizo su aparición hasta la década de 1830, con la expansión de la red de ferrocarriles en Inglaterra. El desarrollo del telégrafo está particularmente asociado a los nombres de William Cooke y Charles Wheatstone, pero mucho antes de su época, ya se habían diseñado y probado una gran variedad de ingeniosos aparatos de telegrafía eléctrica. La primera y sorprendentemente detallada referencia a un telégrafo eléctrico, fue una propuesta hecha por un corresponsal anónimo y publicada en 1753 en el *Scots Magazine*; este sistema consistía en 26 alambres diferentes que correspondían a las 26 letras del alfabeto inglés, tendidos entre la estación transmisora y la receptora, siendo las palabras del mensaje deletreadas letra por letra: al ir cada uno de los alambres conectado con una máquina que generaba electricidad estática, en la estación receptora se podía mover una bola de médula; Le Sage había presentado ya en la década de 1770 un sistema similar. Unos pocos años más tarde en París, M. Lamond exhibía un telégrafo similar al de Le Sage pero con la notable mejora de que tenía un solo conductor en lugar de los 26 anteriores; las letras del mensaje se distinguían entre sí por medio de un código. En 1795, Francisco Salvá empleaba en España un sistema de alambres múltiples y su propuesta ganaba el patrocinio real;

en posteriores experimentos adoptó el sistema del conductor único y según se dice, llegó a montar una línea experimental entre Madrid y Aranjuez, residencia de verano de la familia real. Otro telégrafo electrostático, sería diseñado por Francis Ronalds en Londres, haciéndose una demostración de su funcionamiento, a lo largo de 13 kilómetros en 1816; sin embargo, el almirantazgo le informaría que por entonces no tenían el menor interés en ninguna clase de telégrafo.

La aparición de la pila voltaica, que suministraba una fuente de electricidad mucho más eficaz, aproximó notablemente a la telegrafía eléctrica a su realización práctica. La pila eléctrica proporcionaba un medio adecuado para transmitir una fuerte señal a voluntad, pero los medios para recibirla todavía eran tan primitivos - Salvá había llegado incluso a sugerir que se utilizaran las sacudidas que podía experimentar el operador - que los mensajes sólo se podían transmitir muy lentamente. Este obstáculo fue superado, cuando se estableció la relación entre el magnetismo y la electricidad; el descubrimiento de que una corriente eléctrica pasando a través de una bobina, podía provocar el movimiento en un imán situado en su proximidad, fue un acontecimiento de gran importancia para la telegrafía y atrajo rápidamente la atención tanto de Von Soemmering como de Schilling. A partir de 1822, Schilling realizó una serie de experimentos con detectores electromagnéticos y preparó un código para trabajar con una sola aguja y que recuerda al que posteriormente presentaría Samuel Morse; en 1836, uno de sus instrumentos fue contemplado en Heidelberg por Cooke, resultando de ahí el primer sistema en gran escala de telegrafía eléctrica con éxito.

A su vuelta a Inglaterra, Cooke realizó diversos experimentos con un telégrafo electromagnético y recibió el encargo de instalar uno en la línea de ferrocarril Liverpool-Manchester. Al tropezar con algunas dificultades técnicas, consultó a Wheatstone, entonces profesor de filosofía natural en el King's College de Londres, quien había estado experimentando por su cuenta, con un modelo similar de telégrafo eléctrico; reconociendo la similitud de sus intereses, los dos hombres formaron una sociedad que desgraciadamente se iría a pique debido a las continuas disputas sobre la contribución de cada uno al desarrollo del invento. Ambos socios obtuvieron su primera patente en junio de 1837 y poco después ese mismo año, harían la demostración de un telégrafo de cinco agujas a los directores del ferrocarril de Londres y Birmingham; esta demostración no produciría resultados inmediatos, ya que los directores no estaban totalmente convencidos del valor que para ellos podía tener el invento. Los directores del Gran Ferrocarril del Oeste fueron más perspicaces y en 1838, Paddington y West Drayton quedaban unidas por telégrafo: cuatro años más tarde, el telégrafo era ampliado hasta Slough. Esta línea telegráfica y sus posibilidades, atrajeron hacia sí una enorme publicidad en 1845, cuando un sospechoso de asesinato fue visto en Slough al subir a un tren con destino a Londres: la noticia fue teleografiada a Paddington, donde sería arrestado a su llegada y ahorcado después. Los receptores de esta instalación eran del tipo de dos agujas, lo que hacía necesario que el mensaje fuera transmitido en código. Aunque Wheatstone fue un siempre un partidario de que los receptores registraran directamente la letra transmitida, se hizo poco a poco evidente que la codificación era por mucho, el sistema más satisfactorio, generalizándose pronto su uso. El código utilizado ahora universalmente, se debe al inventor estadounidense Morse, quien llevaba haciendo investigaciones por su cuenta desde 1832; sus primeros instrumentos eran relativamente primitivos, pero tras una primera demostración pública en septiembre de 1837, fueron rediseñados con la ayuda del fabricante de hierro Alfred Vail.

Durante los últimos años de la década de 1840, tuvo lugar una expansión de los servicios de telégrafos a consecuencia del éxito de las primeras instalaciones, reconociéndose ampliamente la utilidad e importancia del telégrafo eléctrico; tantas fueron las solicitudes que recibieron Cooke y Wheatstone, que en 1846 fundaron la Electric Telegraph Company, la cual en seis años instaló unos 6500 kilómetros de red telegráfica en Inglaterra; en los Estados Unidos, cuatro años después del éxito inicial de Morse en 1844, Florida era el único estado al este del Mississippi al que todavía no había llegado el telégrafo. La intensa competencia entre compañías rivales, terminó en los Estados Unidos con la formación de la Western Union Company en 1856; en Inglaterra, una ley de 1868 permitía al Director de Correos adquirir, explotar y mantener telégrafos eléctricos. Los sistemas telegráficos también se habían desarrollado en otros países de Europa y no es de sorprender que cuando Londres quedó unido con Dover en 1846, Wheatstone sugiriera un cable subterráneo a través del Canal de la Mancha que uniera a Londres con la red Europea: tras un intento infructuoso en 1847 y otro en 1850, este proyecto fue finalmente llevado a la práctica en 1851; una de las consecuencias de este hecho, fue que los precios de apertura y cierre en las Bolsas de París, fueran conocidos antes del cierre de operaciones en el London Stock Exchange. Seis años después se intentaba un plan mucho más ambicioso que consistía en la unión de Inglaterra con los Estados Unidos; el cable transatlántico constituyó un notable triunfo sobre toda clase de dificultades prácticas y técnicas; en el primer intento del verano de 1857, el cable se rompió y se perdió después de haber sido tendidos 500 kilómetros; tras un segundo fracaso, los dos continentes quedaron unidos con todo éxito en agosto de 1858, pero el cable se rompió y tras pocas semanas se hizo prácticamente inservible. Un cable de nuevo diseño y primero en ser tendido a bordo del Great Eastern, se perdió en medio del Atlántico a una profundidad de 3600 metros aunque fue recuperado poco después; hasta 1866, no se lograría un éxito completo en el establecimiento de una unión permanente y eficaz entre el Viejo y el Nuevo Mundo.

En 1862, el sistema telegráfico mundial cubría aproximadamente 240 000 kilómetros, incluidos 24 000 en Inglaterra, 128 000 en el resto de Europa y 77 000 en los Estados Unidos. Las oficinas de telégrafos hacían posible la transmisión rapidísima de mensajes a lo largo de toda esta red; en 1872, cuando el alcalde de Adelaida intercambió un mensaje con el alcalde de Londres, casi todas las principales ciudades del mundo estaban unidas entre sí. El telégrafo estaba pensado para transmitir mensajes generalmente en código, debiendo ser escritos a mano en la estación receptora; en 1845, se inventó un método para imprimir el mensaje que sería difundido en los Estados Unidos como *el telégrafo impresor de House*; Wheatstone patentó otro telégrafo impresor en 1860.

## LA TELEFONIA.

La transmisión de la voz planteaba problemas muy diferentes; aunque en Alemania se exhibió un teléfono eléctrico ya en 1861, el primer instrumento práctico que permitía una explotación comercial fue el de Alexander Graham Bell, cuyo intento estaba en cierta medida inspirado en las investigaciones sobre la reproducción de sonidos, llevadas a cabo por el físico alemán Hermann Helmholtz; Bell patentó su invento en 1876, incorporando un micrófono electromagnético que fue exhibido ante la British Association al año siguiente. La primera compañía telefónica en Inglaterra se formó en 1878; pensada originalmente como un medio para la comunicación oral entre dos puntos, la comunicación telefónica hizo posible una conversación entre dos personas de un amplio número de cuentahabientes, haciendo su aparición las líneas interurbanas.

Mientras tanto, se estaba preparando un tercero y más revolucionario método de comunicación por medio de la electricidad; en la segunda mitad del siglo XIX, los descubrimientos experimentales de Faraday sobre el electromagnetismo, estaban siendo traducidos a términos matemáticos por Clerk Maxwell, cuya teoría en su total desarrollo fue publicada en 1873 en su clásico *Treatise on electricity and magnetism*; Maxwell demostró que la propagación de las perturbaciones eléctricas es semejante a la propagación de la luz, afirmando la identidad de ambos fenómenos y concluyendo que "es difícil no inferir de esto, que la luz consiste en las ondulaciones transversales del mismo medio que es causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos. La tesis de Maxwell era tan heterodoxa, que a muchos de sus contemporáneos les resultó difícil aceptarla; el reconocimiento de su validez se debió en buena parte al trabajo de un físico alemán llamado Heinrich Hertz, quien descubrió las ondas eléctricas cuya existencia había sido deducida por Maxwell; tras su nombramiento como profesor de física en Karlsruhe en 1885, Hertz dedicó su atención a verificar experimentalmente las teorías de Maxwell; pronto demostró que un flujo de corriente en un circuito eléctrico, podía inducir un flujo correspondiente en un segundo circuito sintonizado pero no directamente conectado con el primero; las ondas radiadas por el transmisor, podían ser detectadas por el salto de una chispa en un pequeño corte en el circuito receptor. Hertz probó la similitud general de las ondas eléctricas y luminosas, siendo la diferencia esencial la longitud de onda; en sus experimentos se empleaba una longitud de onda de aproximadamente 24 centímetros; sin embargo, Hertz no se interesó en las posibilidades prácticas de su descubrimiento, sería hasta 1895 cuando Ernest Rutherford llegaría a transmitir mensajes a una distancia de 1200 metros en Cambridge y sería hasta el final del siglo, cuando los experimentos del italiano Guglielmo Marconi situaran a la telegrafía sin cables en un terreno práctico. Marconi usó una longitud de onda de entre 300 y 3000 metros; hasta mucho después se emplearían para comunicaciones a larga distancia las ondas de menor longitud como las usadas por Hertz en sus experimentos de laboratorio.

## EL ALUMBRADO ELECTRICO.

Los principios básicos sobre los que descansa el alumbrado eléctrico, fueron establecidos en los mismos inicios del siglo XIX; Sir Humphry Davy había ya observado en 1802, la brillante luz que se emitía cuando una chispa eléctrica saltaba entre dos electrodos de carbono; también era sabido que el paso de la electricidad a través de un conductor provocaba que éste se calentara; es éste el principio de la lámpara de incandescencia, en la que un conductor es calentado a una temperatura tan elevada, que se torna incandescente y emite luz, sin embargo, hasta la segunda mitad del siglo XIX, estos dos descubrimientos no encontraron una aplicación práctica. La lámpara de arco fue la primera forma de iluminación eléctrica, aunque la lámpara eléctrica de incandescencia tuvo por mucho, una mayor importancia práctica. Por razones técnicas, la lámpara de arco sólo es adecuada para grandes instalaciones, aplicándose primeramente en los faros; el origen de esta aplicación se encuentra en el trabajo de un precursor francés llamado F. Nollet, quien propuso que se utilizara luz de Drummond en los faros; la luz de Drummond, más conocida por su empleo en los proyectores de los teatros, consistía en poner incandescente una esfera de cal al calentarla con una llama oxhídrica de suma intensidad calorífica; esta luz fue inventada en 1826 por un oficial del cuerpo de ingenieros reales llamado Thomas Drummond, sus señales luminosas se observaban a una distancia de más de 160 kilómetros!; adicionalmente, Nollet propuso obtener la mezcla apropiada de oxígeno e hidrógeno para la flama, por medio de la descomposición electrolítica del agua.

Nollet falleció en 1853 sin haber satisfecho sus ambiciones; sus patrocinadores financieros solicitaron entonces el auxilio de un ingeniero británico llamado Frederick Holmes. Después de algunos años de experimentación el proyecto fue abandonado, no obstante, Holmes encontró una forma más práctica y directa de iluminación para los faros; en lugar de usar corriente eléctrica para descomponer el agua, sugirió que debería emplearse para un arco, haciendo una demostración en 1857. Su generador de diseño caro pero muy eficiente, había sido esbozado anteriormente por el barón A. de Meritens e ingeniero francés; este diseño, estaba movido por una máquina de vapor y producía alrededor de 1.5 Kilowatts; la prueba tuvo tanto éxito, que inmediatamente se solicitó una prueba a gran escala que tendría lugar en el faro de South Foreland. Se puso en marcha allí el equipo en diciembre de 1858 obteniendo un gran éxito; cuatro años después, el faro de Dungeness fue equipado también con lámparas de arco.

Las lámparas de arco utilizadas en el faro de South Foreland, eran un modelo mejorado por Duboscq de una lámpara original de W.E. Staitte aparecida en 1846; entre otros problemas técnicos que Staitte tuvo que resolver, se encontraba el de preparar un carbono de suficiente pureza y resistencia para servir de electrodo. Un problema ulterior de las lámparas de arco de carbono fue que los electrodos se quemaban, y la separación entre ellos era variable y por tanto la intensidad de la luz también. Al principio, Staitte trató de solucionar la variabilidad en la separación mediante un mecanismo de relojería, para cambiarlo pronto por otro mecanismo movido por un peso colgante y regulado; este mecanismo, operaba a través de la expansión térmica de una barra de cobre y el calor del arco, el cual aumentaba a medida que se alargaba la longitud del chispazo. Posteriormente en colaboración con W. Petrie, Staitte introdujo nuevas mejoras que no tuvieron gran impacto debido a que las pilas eran la única fuente de electricidad utilizable para operarlas; hasta que no se perfeccionaron las dinamos, no existió una fuente de electricidad satisfactoria para operar las lámparas de arco: grandes instalaciones fueron terminadas en Europa a los pocos años de aparecer la dinamo de anillo de Gramme en 1871.

En 1876, apareció una lámpara de arco de nuevo diseño, llevada a cabo por Paul Jablochhoff, ingeniero de telégrafos del ejército ruso que había trasladado su domicilio a París; en ella, los electrodos de carbón iban situados vertical y paralelamente, en lugar de estar opuestos por sus extremidades; de este modo, el arco se formaba entre las dos extremidades de las barras, pero no existía ningún tipo de regulación mecánica, ya que el uso de corriente alterna, aseguraba que los electrodos se quemaran a la misma velocidad. Para 1877, se instalaban en grandes almacenes de París, 80 *bujías* Jablochhoff; el mismo año era iluminada de forma similar la Dársena de las Indias Occidentales en Londres, seguida por el mercado de Billingsgate, el viaducto Holborn y parte de los diques del Támesis. El rendimiento de las lámparas aumentó en gran medida al usarse electrodos de carbono con una capa de cobre.

Mientras tanto, la lámpara de incandescencia había sido perfeccionada hasta tal extremo, que en la década de 1880 ya se vendía por cientos de miles, con la consecuencia de que excepto para algunos cometidos específicos, la lámpara de arco había quedado superada. Las posibilidades de las lámparas de incandescencia, atrajeron la atención de los inventores ya en la década de 1840: el hecho de que hubieran de pasar unos treinta años antes de que se pudieran utilizar tales lámparas, fue debido a las dificultades técnicas de su construcción; hubo que superar dos obstáculos primordiales: primero, el filamento debía ser construido con un conductor eléctrico que se pudiera calentar hasta ponerse incandescente pero sin fundirse, siendo ésta una causa que redujo enormemente las posibilidades de elección; segundo, como casi todas las sustancias se

combinan con el oxígeno al calentarse de tal forma, el filamento debía ir situado en un alto vacío, el cual no se podía lograr adecuadamente con los medios disponibles en aquella época.

En 1847, Staite hizo una demostración en Inglaterra con una lámpara de incandescencia, pero el filamento, que estaba hecho de una aleación de platino e iridio que fundía sólo a temperaturas muy altas, tenía una vida muy corta debido al aire residual que quedaba en la ampolla. Otros inventores contemporáneos que usaron filamentos de platino, se encontraron con el mismo problema y fracasaron al intentar resolverlo; hasta 1865, cuando se inventó la bomba de mercurio, se pudo obtener un vacío satisfactorio. Esto alentó a Joseph Swan a reanudar sus experimentos con los filamentos de carbono que había iniciado alrededor de 1847, tras haber sido testigo de una exhibición de Staite y recibido noticias de una patente estadounidense obtenida por J.W. Starr en 1845 y que incluía el uso de filamentos de carbono. La primera lámpara con filamento de carbono de Swan apareció en 1848, pero su vida era demasiado breve como para poder tener una utilidad práctica; su primer modelo satisfactorio aparecería hasta 1878, siendo preparado el filamento carbonizado con una hebra de algodón mercerizado. Mientras tanto y tras experimentos con platino, Edison desarrolló en los Estados Unidos, lámparas que tenían incorporados filamentos obtenidos al carbonizar astillas de bambú, escogiendo este material al creer que proporcionaba un filamento particularmente resistente. Fuera cual fuese el tipo de filamento usado, se tenía que establecer un contacto con la fuente externa de electricidad, a través de la ampolla de cristal en cuyo interior se había hecho el vacío; para este propósito, se tenían que fijar hilos de platino en el cristal, siendo elegido este metal tan caro, debido al hecho de que era el único metal entonces disponible cuya expansión por el calor era igual a la del cristal: si la expansión térmica fuera distinta en uno u otro caso, se producirían inevitablemente grietas en el la boca de la bombilla de cristal, con un fatal deterioro del vacío logrado en su interior.

Inicialmente, Swan no tomó medida alguna para patentar sus inventos; por el contrario Edison, como en todas sus invenciones, sacó el mayor partido posible de las leyes sobre patentes; la consecuencia fue que Swan, a pesar de su originalidad, encontró su camino bloqueado por Edison. En cualquier caso, la balanza cambió de lado cuando aprendiendo de la experiencia sufrida, Swan patentó en 1880 un procedimiento para retirar los últimos restos de aire de los filamentos, haciéndolos poner al rojo antes de que la bombilla fuera definitivamente sellada; esto proporcionaba una vida más larga y disminuía el ennegrecimiento interior de la ampolla de cristal, debido a los depósitos de carbono que reducían rápidamente la eficiencia de las primeras lámparas con filamentos de carbono. En 1883, Swan patentó igualmente un método mejorado para la preparación de los filamentos; según este método, se disolvía celulosa hasta formar un líquido espeso, el cual era entonces extruido a través de una hendidura muy fina a un baño coagulante; la hebra resultante era entonces enrollada en matrices, dándole una forma característica de lazo para ser después carbonizada en un horno. Tras algunas escaramuzas legales, Edison y Swan reconocieron que defenderían mejor sus intereses acudiendo a la colaboración y no a la competencia, de acuerdo con ello, se fundaba en 1883 la Edison & Swan United Electric Light Company Limited; hasta que las patentes originales sobre las lámparas de carbono expiraron en 1893; esta compañía tuvo el monopolio de su fabricación en Inglaterra y los Estados Unidos, provocando que los potenciales competidores se encaminaran hacia otros países europeos; entre los que tomaron esta determinación estaba C.J. Robertson, quien había estado asociado con otro inventor llamado St. George Lane-Fox, antiguo protagonista de experimentos con filamentos tanto de carbono como metálicos; Robertson montó y dirigió un cierto número de fábricas de lámparas eléctricas en varios países de Europa.

Sorprendentemente, a la vista del inmenso éxito que tuvieron posteriormente, las posibilidades de la lámpara de incandescencia no fueron reconocidas: en Alemania por ejemplo, Werner von Siemens, aun a pesar del interés que seguramente debió tener para encontrar nuevos usos para sus generadores, rechazó en 1881 una invitación para hacerse cargo de una licencia para toda Europa de las patentes de Edison. El nuevo tipo de alumbrado eléctrico se difundió muy lentamente en un principio, para después hacerlo con mayor rapidez cuando su instalación en edificios muy conocidos demostró su valor; a partir de 1881, los debates en la Cámara de los Comunes fueron iluminados por las lámparas de incandescencia y el mismo año, se terminaba una compleja instalación de más de mil lámparas en el teatro Savoy de Londres; la nueva moda fue seguida al año siguiente por el museo británico y la Real Academia. Su utilidad en el transporte sería muy pronto reconocida, siendo provistos con las nuevas lámparas, un transatlántico y un tren; sin embargo, habrían de pasar otros cinco años antes de que se hiciera la primera instalación doméstica en Londres. El éxito de las lámparas con filamento de carbono, no impidió que los inventores buscaran un filamento metálico satisfactorio, lográndose éxitos tales para el final del siglo XIX, que hacían prever el fin de la lámpara de carbono. Uno de sus últimos baluartes fueron los barcos de guerra, en donde su resistencia a las sacudidas de los cañonazos prolongó su demanda; por las razones antes señaladas, las posibilidades de elección de metales para el filamento, estaban extremadamente reducidas, y aun cuando se supiera que las propiedades físicas eran las adecuadas, la conversión del metal en un hilo suficientemente fino y uniforme, podía ofrecer dificultades formidables. En 1898 Von Welsbach, un inventor de los manguitos incandescentes para las lámparas de gas, puso en uso los filamentos de osmio, el cual, tiene un punto de fusión de 2700 °C, mientras que para el inicio del siglo XX, se comenzó a utilizar el tántalo, cuyo punto de fusión se sitúa a los 2996 °C; el futuro sin embargo, estaba reservado al wolframio, que tiene un punto de fusión de 3410 °C: aunque es muy difícil de tratar, su uso para filamentos de lámparas se generalizó para el año 1911.

En 1900, la supremacía para usos domésticos de las lámparas de incandescencia sobre todas las demás, era reconocida por todos: resultaban cómodas, seguras, limpias y confiables; su adopción se veía controlada sin embargo, por el ritmo de crecimiento de los servicios públicos de abastecimiento de electricidad; el alumbrado eléctrico era un hecho aceptado en la vida urbana hacia el año 1900, aunque el alumbrado a gas era todavía un competidor que no se podía ignorar; no obstante, su difusión en el campo fue lenta. Con el creciente uso de las lámparas eléctricas producidas a finales del siglo XIX, se tuvo que prestar atención a la estandarización de los accesorios para ellas; al principio, la conexión con la línea se hacía directamente al unir cables con el extremo de los hilos de platino que servían de soporte al filamento de carbono; sin embargo, a partir de la década de 1880, se comenzó a establecer una clara distinción entre los sistemas seguidos en Inglaterra por una parte, y en los Estados Unidos y el resto de Europa por la otra. Inglaterra adoptó el casquillo de bayoneta, mientras que Edison desde un principio usó casquillos de rosca; en 1900, los fusibles, hechos de alambre de estaño que se fundía a muy baja temperatura e interrumpían el circuito si la corriente excedía de un máximo predeterminado, habían pasado a ser de uso general.

## EL MOTOR ELECTRICO.

El principio de la dinamo y del motor eléctrico es el mismo: si se aplica un potencial eléctrico a una dinamo de corriente continua, el inducido se pondrá a girar. En 1873, Gramme montó en Viena una exhibición de dos de sus generadores preparados de tal forma, que uno de



ellos servía como dínamo para producir la electricidad con la cual mover al otro motor; por razones de eficiencia sin embargo, el diseño de motores y de dinamos debe ser distinto; las máquinas de Gramme en cualquier caso, sólo se podían utilizar como motores si se usaba corriente continua, mientras que la corriente alterna había ido ganando paulatinamente ventaja en la producción de electricidad a gran escala hacia el final del siglo XIX.

El primer motor para corriente alterna fue inventado en 1888 por Nikola Tesla y fabricado en los Estados Unidos por Westinghouse; no obstante, para trabajos de tracción en tranvías y ferrocarriles, el motor de corriente continua fue el que predominó: aun en aquellos casos en que se abastecían con corriente alterna, era una práctica común y generalizada la conversión previa de la corriente alterna en corriente continua; así, en la Central London Railway cada locomotora iba provista de cuatro motores de 120 CV cada uno y de corriente continua. La fuente inicial de abastecimiento era una corriente alterna de 5000 voltios, la cual era transformada en corriente de 305 voltios por medio de tres subcentrales para ser después convertida en corriente continua de 500 voltios que se hacía llegar hasta las locomotoras, por medio de un tercer rail hecho con acero especial de alta conductancia y sostenido por aislantes de porcelana. A finales del siglo XIX, era considerado como uno de los ejemplos de más éxito en la aplicación de la electricidad a la tracción.

Una característica muy importante del motor eléctrico es su comodidad: puede manejarse en cualquier sitio a donde se pueda hacer llegar un cable de conducción eléctrica; a finales del siglo XIX, la utilidad de tal característica estaba empezando a ser reconocida por la industria en general. El sistema de transmisión aérea ruidoso y molesto, debido a las poleas y correas que las máquinas requerían para su funcionamiento, comenzó a ceder el paso a los motores eléctricos individuales para cada máquina y que podían tener menos de 1 CV. En un principio, existió la tendencia de montar al motor eléctrico a escasa distancia de la máquina que tenía que mover, siendo transmitida la energía por medio de una correa; pero hacia 1900, algunos diseñadores de máquinas - herramienta, ya habían comenzado a incorporar los motores eléctricos como parte integral de la máquina; algunos incluso llevaban incorporados varios motores eléctricos, moviendo cada uno de ellos una parte determinada del mecanismo.

# EPILOGO: ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL FENOMENO DE LA TECNOLOGIA.

## ¿POR QUE SURGE LA TECNOLOGIA?

Cuando la sabiduría tradicional hace referencia a la naturaleza de la tecnología, subraya habitualmente el papel preponderante de la *"necesidad"*. Una y otra vez se nos ha dicho que a lo largo de la historia, los creadores de tecnología han proporcionado los objetos y estructuras útiles, *necesarias* para la supervivencia. Moraleja: la necesidad es la madre del ingenio; los analistas modernos han difundido éste mensaje elogiando a aquellos individuos que colocados en situaciones aparentemente imposibles, no claudican, sino que hacen uso del ingenio y el talento, para desarrollar inventos que resuelven el problema y contribuyen al progreso material.

La creencia de que la necesidad provoca el proceso inventivo, es una creencia constantemente invocada para explicar la mayor parte de la actividad tecnológica: los seres humanos tienen necesidad de agua y por lo tanto cavan pozos, encauzan ríos y desarrollan la tecnología hidráulica. Necesitan alimento, por lo que cultivan plantas y domesticar animales. Requieren también de vivienda y desarrollan casas y ciudades. Necesitan defensa y desarrollan ingenios militares. Requieren moverse con facilidad e inventan barcos, carruajes, bicicletas, automóviles, aviones y naves espaciales.

Si bien es cierto que la necesidad ha sido una fuente para desarrollar tecnología y satisfacer con mayor facilidad las necesidades básicas del ser humano, debemos considerar que *complejidad tecnológica* se requiere para satisfacerlas. Así, cualquier grado de complejidad que vaya más allá de la estricta satisfacción de las necesidades básicas, pasará al terreno de lo *no básico*, debiéndose explicar por motivos distintos a la *necesidad pura*. De hecho, podríamos preguntarnos *¿Necesitamos automóviles?* A veces creemos que los automóviles son absolutamente necesarios; no obstante el automóvil tiene apenas un siglo de historia. Los hombres y mujeres lograban sobrevivir, y tenían la posibilidad de llevar una vida plena y feliz antes de que Nikolaus A. Otto inventara su motor de combustión interna en 1876. La evidencia histórica revela que no fue la *necesidad* la que impulsó el surgimiento del automóvil, éste no apareció ante una grave crisis relacionada con el caballo o su escasez; de hecho, durante su primera década de vida (1895 - 1905), el automóvil fue un juguete y capricho de los que podían darse el lujo de comprarlo. En otras palabras, la *invención* de los automóviles dió lugar a la *necesidad* del transporte motorizado moderno.

La *necesidad militar* es una necesidad que hasta la fecha forma parte de las necesidades de la naturaleza humana y que se expresa, ya sea como una necesidad de supervivencia en tiempo de guerra, o como una necesidad seguridad en tiempos de paz. En los tiempos modernos, los imperativos militares han fomentado y seleccionado tecnología que eventualmente encontró aplicación en el mundo civil; por ello, los aspectos de la tecnología civil y militar se encuentran fuertemente relacionados. Como ejemplo podemos mencionar a la industria metalúrgica, la cual, ha estado muy relacionada con la producción de armamento.

## NECESIDADES HUMANAS.

Al analizar la relación entre necesidades no básicas y la invención, resulta claro que la necesidad es algo relativo; una necesidad para un pueblo, generación o clase social, puede carecer de valor utilitario, mientras que puede ser un lujo superficial para otro pueblo, generación o clase social. Algunos estudiosos afirman que las necesidades no básicas, no son algo que la naturaleza impone a la humanidad, sino un concepto creado por la cultura, concluyendo que no es necesaria tecnología alguna para satisfacer las necesidades básicas; ésta afirmación se prueba observando el reino animal, en donde se satisfacen las necesidades vitales sin intervención de la tecnología. Los pájaros y otros animales no cavan pozos o construyen canales, acueductos u oleoductos; la naturaleza les proporciona agua, alimento y abrigo directamente sin tecnología alguna; no hay animales que utilicen el fuego, ni animales que fabriquen instrumentos. Así, en tanto que somos animales en el plano biológico de la existencia, podríamos vivir sin tecnología; por ésta razón, el filósofo español José Ortega y Gasset definió a la tecnología como la producción de lo superfluo, indicando que la tecnología era tan superflua en la Edad de piedra como lo es hoy; como el resto del reino animal, también nosotros podríamos haber sobrevivido sin fuego y sin herramientas.

Sin embargo...no tenemos sólo necesidades animales sino además, un conjunto de necesidades *adicionales* que en conjunto determinan las necesidades de la naturaleza humana. Por razones aún oscuras para el análisis científico, comenzamos a cultivar tecnología al tiempo que construimos la cultura humana. Cultivamos la tecnología para satisfacer necesidades dictadas por la naturaleza humana y por su cultura, no para satisfacer las necesidades dictadas por la naturaleza. Según el filósofo francés Gaston Bachelard, la conquista de lo superfluo nos da un mayor estímulo espiritual que la conquista de lo necesario, porque los humanos somos seres del deseo y no de la necesidad. Los humanos tenemos una relación diferente de la de los animales con la naturaleza; ésta mantiene simple y directamente la vida animal, mientras que es fuente de materiales y energía que pueden ser utilizados en la persecución de lo que el hombre opta por llamar en cada cultura *"su bienestar"*. Los artefactos que componen el mundo tecnológico, no constituyen conjunto un de soluciones directas para satisfacer nuestras necesidades básicas, sino que son manifestaciones materiales de la cultura humana, que reflejan las diversas formas que hombres y mujeres de diferentes culturas, han elegido para definir y mantener su vida. Vista de este modo, la historia de la tecnología es una parte de las aspiraciones humanas, mientras que la pléyade de invenciones tecnológicas, es producto de mentes humanas repletas de fantasías, anhelos, metas y deseos.

## LA TECNOLOGIA COMO ELECCION CULTURAL.

Es muy importante mencionar que la capacidad de invención se da en toda la especie humana; algunos individuos tienen mayores dotes inventivas que otros, algunas culturas son más capaces de explotar el potencial inventivo que tienen, mientras que en otras, la capacidad de invención se manifiesta decididamente en cosas distintas a la invención de nuevos objetos. No existe evidencia que apoye la idea de que alguna determinada nación o cultura tengan el monopolio de la creatividad. Cuando los occidentales modernos se encuentran con personas cuya cultura material tiene mucha menor diversidad que la suya, suelen realizar odiosas comparaciones entre por ejemplo: la lanza y el rifle, las chozas y los rascacielos, las canoas y los aviones,

atribuyendo la falta de progreso material a la inferioridad de la mente primitiva. Una explicación más razonable podría ser que algunas sociedades han establecido una forma de vida que simplemente no da gran valor al cambio tecnológico; como ejemplo podemos mencionar a la cultura tikopia, formada por nativos polinesios que fueron estudiados por el antropólogo Raymond Firth a finales de la década de 1920. Firth observó que los tikopias no estaban particularmente interesados en realizar cosas nuevas o en mejorar las técnicas tradicionales para transformar las antiguas; aunque reconocían la superioridad de los artefactos de la cultura occidental, no sentían envidia alguna por su éxito tecnológico ni ansiaban emularlo. Es importante mencionar que los tikopias no tenían prohibido por su religión la aceptación de la tecnología moderna; comerciaban abiertamente buscando herramientas de metal, ropa y objetos europeos, así como también plantas comestibles importadas. Tampoco eran incapaces de adaptar la tecnología extranjera a sus propios fines. En resumen, aunque los tikopias daban pruebas de su capacidad de invención, carecían de la ambición o interés para proseguir la invención tecnológica de manera sostenida. Viviendo en una cultura bien integrada que recompensaba la conformidad con lo establecido, no tenían incentivo alguno en buscar progresos tecnológicos. Medidos por los estándares occidentales, los tikopias estaban tecnológicamente estancados; según su propio sistema de valores, la tecnología estaba en su sitio y en armonía con el resto de su cultura.

Las actitudes y valores culturales resultan muy útiles para explicar porqué las sociedades se avocan vigorosamente en la actividad tecnológica durante largos períodos. El enfoque cultural es especialmente relevante para la comprensión del dominio de occidente en la producción de tecnología durante los últimos 500 años. Los que formamos parte de la cultura occidental, consideramos apropiado otorgar reconocimiento y recompensas a los inventores, sin embargo, existen culturas que condenan la novedad tanto como nosotros la fomentamos. En la tradición musulmana por ejemplo, la innovación se considera automáticamente mala hasta que no se pruebe lo contrario; el término árabe *bid'a* tiene el doble significado de novedad y herejía; así, el peor tipo de *bid'a* es imitar las obras del infiel (todo aquel que profese otro credo religioso), pues como advirtió su Profeta: "todo aquel que imita a un pueblo, se convierte en miembro de éste". Estrechamente ligada a la búsqueda de la invención, se encuentra una de las ideas de mayor influencia dentro de la cultura occidental: la idea del progreso; según ésta, la humanidad no sigue un curso cíclico o retrógrado, sino que se dirige hacia el progreso (hacia un futuro mejor). Por ello, el paraiso terreno no se encuentra en una época pasada sino en el futuro. Tres ideas surgieron de la Europa Renacentista para dar un auge decisivo a la innovación tecnológica: el dominio de la naturaleza, la invención y el progreso. La idea de que la naturaleza sólo existe para el servicio del hombre, se encuentra por primera vez en el relato de la creación del Génesis; en él, se menciona que Dios, tras haber otorgado a Adán y a Eva el dominio sobre toda planta y animal, les encomienda que sometan a la tierra y la pueblen con su descendencia. A diferencia de las religiones orientales, en las que naturaleza y humanidad coexisten en igualdad, el judaísmo y el cristianismo establecen una jerarquía a favor del hombre; ésta se sustenta en el hecho de que Dios creó al hombre a su imagen y semejanza, y le otorgó el dominio sobre el resto de la creación. El persistente esfuerzo de la cultura occidental por explotar todo recurso natural y energía disponible, se materializó en su liderazgo tecnológico. Aquellas culturas cuyos principios religiosos les imponen una actitud más benigna hacia la naturaleza, no han desarrollado el mismo nivel tecnológico de occidente.

## LA EVOLUCION TECNOLOGICA.

A pesar de la evidencia en sentido contrario, existe un considerable apoyo a la idea de que los inventos son el resultado de cataclismos tecnológicos revolucionarios producidos por genios individuales. Los orígenes de esta concepción son tres: la pérdida o el ocultamiento de los antecedentes tecnológicos de cada nuevo invento, la presentación del inventor como un héroe y la confusión entre cambio tecnológico y cambio socioeconómico. Debido a la naturaleza de la tecnología y del cambio tecnológico, tanto el inventor como la opinión pública pueden olvidar y en ocasiones ocultar deliberadamente su deuda con sus antecesores. Por ejemplo, pocos advierten que los rasgos más importantes de la estructura y fabricación del automóvil moderno derivaron de la bicicleta, y que los primeros automóviles eran poco más que bicicletas de cuatro ruedas; de hecho, Henry Ford denominó a su invento como *"cuadríciclo"*.

La pérdida y el ocultamiento premeditado de los antecedentes tecnológicos ha tenido lugar especialmente a lo largo de los últimos 300 años, cuando surge el mito del inventor heroico. Antes del siglo XVIII, los inventores no conseguían fácilmente un reconocimiento especial por sus inventos; de hecho, la historia de la tecnología anterior a ese siglo es substancialmente anónima, recordándose sólo algunos nombres destacados. El período de amplios cambios sociales y económicos que denominamos como Revolución Industrial, llevó a muchos inventores al reconocimiento y aclamación de la opinión pública. Se les otorgó reconocimiento por haber construido ingeniosas máquinas que fomentaban el progreso en los ámbitos económico, social y cultural. Así, elevado al estatus de líder militar o político, el inventor del siglo XIX, fue presentado como un héroe romántico.

El nacionalismo desempeñó también un papel importante para apoyar esta creencia; las mismas exhibiciones y ferias tecnológicas que glorificaban el progreso industrial y a los hombres que lo provocaban, servían para medir el crecimiento industrial relativo a las naciones, mediante un sistema de premios que distinguía a los países con mayores logros industriales. Por primera vez en la historia, los logros tecnológicos se incluían para determinar el estatus de una nación en el mundo.

El sistema de patentes, fue otro desarrollo moderno que contribuyó al apoyo de esta creencia. Al otorgar una patente, el gobierno hace más que dar a su titular un derecho legal para explotarla; una patente otorga reconocimiento social a un inventor y distorsiona la medida de su deuda con el pasado, fomentando el ocultamiento de los antecedentes tecnológicos de la invención en cuestión.

La confusión entre cambios tecnológicos y cambios socioeconómicos se ilustra claramente en lo que solemos llamar Revolución Industrial. Esta significó a principios del siglo XIX, una serie de inventos cruciales que transformaron la industria; se suponía que la Revolución había tenido primero lugar en la tecnología y luego se habían difundido a la industria. Esta idea persiste hoy en día cuando se emplen expresiones como *"segunda revolución industrial"* y *"tercera revolución industrial"*, aludiendo a los cambios fundamentales de la industria, producidos por la introducción de la electrónica, la automatización y la robótica. Un segundo significado que tiene una más amplia vigencia, define a la Revolución Industrial como una alteración fundamental de la sociedad producida por la tecnología. Los cambios industriales ocurridos durante el final del siglo XIX, fueron realmente revolucionarios en la forma en que afectaron la vida de la población inglesa. Con todo,

las máquinas y los motores de vapor que las movían, fueron el resultado de cambios evolutivos en la tecnología; por otro lado, las consecuencias económicas y sociales de estos desarrollos, tuvieron tan largo alcance que transformaron el orden social. La confusión entre la tecnología y sus consecuencias, unió el mito del inventor heróico, mientras que las ideas del progreso material, el nacionalismo y los sistemas de patente, favorecieron la creencia del cambio tecnológico abrupto y discontinuo.

No obstante, al evaluar las implicaciones de que la evolución tecnológica es un proceso continuo y no abrupto y discontinuo, no debemos pensar que los inventos son inevitables o que la tecnología es autogeneradora y automotivante. La continuidad requiere de un antecedente tecnológico, sin embargo, no implica que sólo un artefacto pueda servir de antecedente para desarrollar una invención; en la mayoría de los casos, el antecedente será un artefacto existente en el ámbito tecnológico en el que se ejerce la invención.

## LAS FUENTES DE LA INVENCION.

Generalmente se acepta sin discusión, que el proceso de invención supone la interrelación de factores psicológicos y socioeconómicos. Un énfasis excesivo en los elementos psicológicos conduce a una teoría del genio en la invención, o sea, una teoría que destaca la contribución de unos pocos individuos extraordinariamente dotados. Un énfasis excesivo en los elementos sociales y económicos, arroja una explicación rígidamente determinista, que presenta a la invención como producto inevitable de las diversas épocas de la historia. Debido a que es más fácil identificar las influencias socioeconómicas que adentrarse en la psicología de mentes innovadoras, y como aún no se ha logrado generar una teoría capaz de integrar plenamente lo psicológico, lo social y lo económico, una explicación unitaria satisfactoria de la invención, sigue siendo más un ideal que una realidad.

Entre las fuentes de la invención, podemos mencionar principalmente a los juegos, las fantasías tecnológicas y las visiones futuristas. Algunos estudiosos de la invención tecnológica han reconocido la importancia de *los juegos*, subrayando el placer derivado al "inventar jugando". Los inventores obtienen mucha satisfacción al resolver los enigmas y superar los desafíos que se les presentan a través de los juegos y enfrentar su intelecto al de sus competidores con objeto de ganar la partida.

Las *fantasías tecnológicas* son las máquinas y visiones generadas por la comunidad técnica en algún período de la historia. Estas fantasías muestran la inclinación de los tecnólogos de ir más allá de lo técnicamente factible en un momento determinado; las fantasías de este tipo, proporcionan un acceso a la riqueza de la imaginación y a la fuente de la invención que se encuentra en el corazón de la tecnología occidental. El contenido de los libros de máquinas del Renacimiento, proporciona un excelente ejemplo para examinar las fantasías de los primeros tecnólogos modernos; entre los años 1400 y 1600, se publicaron numerosos libros de este tipo, los cuales, eran minuciosamente elaborados en Alemania, Francia e Italia. Algunos de ellos eran de naturaleza descriptiva, mostrando con exactitud las prácticas tecnológicas e instrumentos del momento dentro de áreas como la minería y la metalurgia. Estas obras constituían un depósito de invenciones que aún no habían sido construidas, pero que sin embargo eran descritas con tanto detalle y autenticidad, que quizás pudieran construirse en el futuro. Uno de éstos libros fue *Le*

*diverse et artificiose machine* de Agostino Ramelli, ingeniero militar francés; éste libro fue publicado por primera vez en 1588, siendo reimpresso y traducido a otros idiomas durante los cuatro siglos posteriores; los aparatos que describía Ramelli eran bastante comunes, sin embargo, eran presentados en tal variedad y sus mecanismos se detallaban con tanto ingenio, que constituye más que un manual para estudiantes de ingeniería; de hecho, es un festín de posibilidades tecnológicas. Ramelli presentaba 110 bombas de agua, 20 molinos de grano, 14 punteros militares para derribar puertas y forzar verjas y 10 grúas diferentes. Como indicó Eugene S. Ferguson, editor moderno del libro de Ramelli "él respondía interrogantes que nunca se habían planteado, resolvió problemas que quizás nadie excepto él mismo se planteó". Este manual era ciertamente el producto de una imaginación fértil que se deleitaba recreándose y desplegando su capacidad para operar dentro de los límites de lo posible.

Algunos de los nuevos mecanismos representados en los libros de máquinas se incorporaron más tarde a la tecnología real; otros carecieron de aplicación; sin embargo, todos dieron testimonio de la capacidad de la invención humana. Las fantasías tecnológicas populares pueden rastrearse al menos hasta el siglo XIII, cuando el filósofo Roger Bacon profetizó que grandes barcos sin velas ni remos, navegarían por ríos y mares; que vehículos sin animales de tiro, se moverían rápidamente por tierra; que máquinas voladoras con alas batientes como las de un pájaro, surcarían los aires y que personas provistas de campanas de buceo, explorarían las profundidades oceánicas. Profecías similares han gozado desde la antigüedad de gran popularidad en occidente. La industrialización de los siglos XIX y XX, alimentó la predilección por las profecías tecnológicas fantásticas y las implantó en las artes populares; de estas artes, la ciencia ficción se convirtió en la fuente individual más importante de máquinas fantásticas, algunos ejemplos son los submarinos y naves espaciales de Julio Verne, la máquina del tiempo de H.G. Wells, los robots de Karel Capek, así como las naves espaciales y armas láser que asombran al cinéfilo actual de las películas de ciencia ficción.

Es importante mencionar sin embargo, que la fantasía dentro del mundo tecnológico es un arma de doble filo; si bien contribuye a la diversidad de inventos, también fomenta la aceptación irreflexiva de la idea que asegura que el cambio tecnológico es algo bueno en sí mismo, fomentando así también, la idea de que la mayoría de los problemas sociales puede hallarse en un conjunto de nuevas tecnologías.

Las *visiones tecnológicas* son esquemas audaces y fantasiosos, que van desde lo improbable hasta lo imposible; constituyen el medio que han empleado los los tecnólogos durante los últimos cinco siglos, para expresar el lado más extravagante y fantástico de su actividad inventiva; no obstante, éstas visiones no deben confundirse con la ciencia ficción. Las primeras visiones tecnológicas datan del siglo XV, cuando comenzaron a aparecer tratados que describían máquinas tan alejadas de las posibilidades de la tecnología de ese momento, que no podían representarse con todo detalle mecánico. Uno de los primeros libros de éste tipo fue el *Bellifortis* de Conrad Kyeser, publicado en 1405 y que contenía fantásticas máquinas de guerra. Sin embargo, la más famosa colección de máquinas visionarias del Renacimiento, no se reveló al público sino hasta finales del siglo XIX; ésta obra estuvo oculta entre los escritos de Leonardo de Vinci (1452-1519). Los dibujos de Leonardo de Vinci, contienen algunos de los mejores ejemplos de aparatos fantásticos nunca antes diseñados; entre ellos figuran máquinas voladoras de vuelo libre y de propulsión, paracaídas, tanques blindados, ballestas y catapultas gigantes, un pequeño navío de combate, pistolas de varios tambores, una máquina de vapor y un cañón de vapor; también ofrecía planos de trajes de buceo, diversos buques de dragado y un vehículo

autopropulsado mediante resortes. Muchos de éstos artefactos resultan imposibles tal y como se presentan, mientras que pocos influyeron en el posterior desarrollo tecnológico; sin embargo, permiten conocer la inusual mente de un gran genio y del tipo de exuberancia tecnológica que había de convertirse en uno de los rasgos más distintivos de la cultura occidental. Hasta donde se conoce, las fantásticas creaciones de Leonardo da Vinci fueron las primeras de este alcance y poder inventivo conocidos en el mundo. Leonardo da Vinci fue único en la magnitud de su genio, pero no en su predilección por esquemas tecnológicos visionarios; los esquemas siguieron proliferando durante los siglos posteriores a medida que la tecnología se desarrolló junto con nuevas formas de energía.

No existe evidencia de que haya disminuido el vigor y la popularidad de las visiones tecnológicas; a pesar del fracaso de la tecnología para plasmar la utópica sociedad prometida por los tecnólogos de los siglos XVIII y XIX, y a pesar de los graves problemas relacionados con la tecnología del siglo XX (que incluyen desde la contaminación ambiental hasta las armas nucleares), las visiones siguen produciéndose y fascinando al público. La prensa popular está constantemente saturada de las promesas realizadas por ingenieros, científicos y técnicos en el sentido de que ordenadores, robots, naves espaciales y otra serie de artefactos harán posible el progreso tecnológico que irá mucho más allá de las expectativas imaginables. Aunque estas declaraciones suelen utilizarse por razones de autopromoción y autoengrandecimiento, también reflejan el gran placer que provoca por sí mismo el juego y la fantasía en el mundo tecnológico.

Es interesante mencionar que la investigación histórica reciente, ha encontrado una forma de pensar dominante entre los tecnólogos. En un influyente ensayo, Eugene S. Ferguson ha argumentado que el pensamiento visual (un tipo de pensamiento que se construye con imágenes) y no verbal, es el que domina la actividad creativa del tecnólogo. La visualización mental de los componentes, tiene primero lugar en la mente del tecnólogo y se plasma objetivamente mediante numerosos esbozos y dibujos. Sólo entonces el tecnólogo está preparado para describir, explicar y construir un artefacto real. El pensamiento no verbal es central en la obra de ingenieros y técnicos.

## TECNOLOGIA Y CIENCIA.

La tecnología es tan antigua como la humanidad, existía mucho antes de que los científicos comenzaran a recopilar los conocimientos que pudieran utilizarse en la transformación y control de la naturaleza. La manufactura de útiles de piedra, floreció cerca de dos millones de años antes del advenimiento de la minerología o la geología. Cuando tuvo lugar el tránsito de la piedra al metal (la primera evidencia de la transformación del metal data de aproximadamente el año 6000 a.C.), los primeros trabajadores del metal siguieron fórmulas empíricas. Hasta finales del siglo XVIII, no fue posible explicar los procesos metalúrgicos simples en términos químicos; incluso hoy en día, subsisten procedimientos en la moderna producción de metales, cuya base química exacta se desconoce.

Además de ser más antigua que la ciencia, la tecnología no auxiliada por la ciencia, es capaz de crear estructuras e instrumentos complejos. ¿Cómo podría explicarse si no la arquitectura monumental de la Antigüedad o las catedrales y la tecnología mecánica (molinos de viento, bombas de agua por rueda, relojes, etc) de la Edad Media? ¿Cómo si no, podríamos explicar los muchos



logros de la antigua tecnología china? De hecho, antes del Renacimiento y durante varias décadas después, los progresos tecnológicos siguieron consiguiéndose sin ayuda de la ciencia. El advenimiento de la ciencia moderna no puso fin a empresas que fueron primariamente tecnológicas; las personas siguieron consiguiendo triunfos tecnológicos basados en conocimientos empíricos. Muchas de las máquinas inventadas durante la Revolución Industrial, tuvieron poco que ver con la ciencia de la época. Sólo a partir de la segunda mitad del siglo XIX, la ciencia comenzó a tener una influencia considerable en la tecnología. Los desarrollos en química orgánica, hicieron posible la producción sintética a gran escala del tinte, mientras que el estudio de la naturaleza de la electricidad y el magnetismo, sentó las bases de la luz y la corriente eléctrica. El siglo XX fue testigo de una expansión ulterior de las tecnologías basadas en el conocimiento científico; hoy en día, la ciencia ha llegado a desempeñar un papel importante en la innovaciones tecnológicas, sin que ello signifique que el crecimiento tecnológico e industrial del siglo XX dependan por completo de la investigación científica. Los partidarios de la investigación científica han exagerado la importancia de la ciencia al afirmar que ésta es la raíz de virtualmente todos los cambios tecnológicos mayores; baste mencionar que la relación entre ciencia y tecnología es compleja y nunca simplemente jerárquica, además, la ciencia dicta los límites de las posibilidades físicas de un artefacto, pero no determina su forma final; así, la Ley de Ohm no dicta la forma y detalles del sistema de iluminación de Edison, ni las Leyes de Maxwell determinan la forma precisa que adoptó la radio. No obstante, a pesar de la influencia de las nuevas teorías científicas, la tecnología moderna supone mucho más que la aplicación rutinaria de los descubrimientos de la ciencia; de hecho, en la actualidad no es raro que un ingeniero idee una solución tecnológica que defina la comprensión científica, o que la actividad ingenieril abra nuevas vías a la investigación científica; así, rasgos clave del mundo material moderno, siguen estando configurados principalmente por la tecnología.

El artefacto producto de la invención tecnológica y no el conocimiento científico ni los factores sociales y económicos, es la parte esencial de la tecnología. Aunque la ciencia y la tecnología son procesos cognitivos, su resultado final no es el mismo; el producto final de la actividad científica suele ser un reporte científico que anuncia un hallazgo experimental o una nueva teoría; en contrapartida, el producto final de la actividad tecnológica innovadora es típicamente una adición al mundo material: un martillo de piedra, un reloj o un motor eléctrico. En cada momento, la tecnología está íntimamente ligada a lo físico y a lo material; los inventos tecnológicos son tanto el medio como el fin de la tecnología.

## LA DIFUSION DE LA TECNOLOGIA.

Ninguna sociedad se encuentra aislada o es autosuficiente como para no haber tomado algunos aspectos de su tecnología de una fuente exterior; los contactos culturales constituyen el medio más antiguo de transferencia de conocimientos tecnológicos entre diferentes culturas. Estos contactos pueden ser el resultado de la exploración, los viajes, el comercio, la guerra o la inmigración.

### *Los viajes.*

En algunos casos podemos fechar e identificar a las personas responsables de la introducción de una novedad; así, el 25 de agosto de 1543, tres viajeros portugueses se convirtieron en los primeros europeos en visitar Japón. Llevaron consigo dos trabucos, armas de fuego de carga frontal aparecidas por primera vez en Europa en el siglo XVI pero desconocidas en Japón. Los japoneses se sintieron tan impresionados por estas armas de fuego primitivas, que las compraron en el acto y pusieron a sus espaderos a trabajar para lograr reproducirlas. Al cabo de una década, los escopeteros de todo Japón producían grandes cantidades de armas de fuego; las facciones feudales japonesas en guerra, ansiosas por obtener armas superiores a sus espadas y lanzas, fomentaron este desarrollo. Para 1560, los trabucos japoneses se utilizaban rutinariamente por doquier y en 1575, resultaron decisivos en una de las grandes epopeyas militares del Japón en la batalla de Nagashino. Los japoneses pudieron llegar tarde al uso de las armas de fuego, sin embargo, fueron los pioneros en su fabricación a gran escala.

### *El imperialismo.*

Dentro de los intercambios culturales que favorecen la difusión cultural, el imperialismo y las conquistas coloniales tienen un lugar destacado. Bajo estas condiciones, la cultura receptora no le queda otra elección que aceptar la tecnología de su colonizador. No obstante, esta opción no ha sido siempre nociva; la India bajo dominación británica, proporciona uno de los mejores ejemplos de cómo una potencia imperial, si está dispuesta a hacerlo, puede implantar sus últimos adelantos tecnológicos dentro de sus colonias. Durante los dos siglos de dominación inglesa en la India (1740-1947), los ingleses introdujeron virtualmente todo aspecto de su tecnología; la mayoría de sus artefactos fueron introducidos por el personal civil y militar de Inglaterra, destacándose fuertemente la introducción de los barcos de vapor, el ferrocarril y la telegrafía eléctrica. Ninguno de estos adelantos habría llegado a la India cuando lo hicieron ni con la intensidad lograda, si se hubiesen transmitido por otros medios. Sin embargo, es importante no perder de vista que no fue el altruismo lo que animó a los ingleses a introducir su tecnología en la India.

### *La Migración.*

Un ejemplo clásico del papel de las migraciones en la difusión de la tecnología, lo constituye la migración forzosa de unos doscientos mil hugonotes (protestantes franceses) después de que Luis XIV renovara el Edicto de Nantes en 1685, concluyendo con la tolerancia religiosa. Los hugonotes, muchos de los cuales eran trabajadores altamente calificados en diversas artes y oficios, llevaron su talento y habilidades técnicas a Inglaterra, Irlanda, Holanda, Alemania y Suiza. En estos países, sus innovaciones contribuyeron a los cambios en la industria textil, especialmente para la producción de sedas, terciopelos, encajes, sombreros, medias y guantes; también mejoraron la manufactura del papel fino y del vidrio moldeado y soplado.

Una migración no tiene que ser grande, dramática o importante para colaborar en la difusión de la tecnología; los agentes de la difusión pueden ser un pequeño grupo de personas calificadas. Esto ocurrió especialmente hasta antes de la mitad del siglo XIX, debido a que no se publicaban a gran escala dibujos y manuales técnicos. Así, la mejor manera que tenía una persona

de conocer una nueva máquina, era tratando directamente con sus inventores y representantes. Como ejemplo mencionaremos que los estadounidenses no fueron los únicos que requirieron ayuda técnica inglesa para instalar su primera máquina de vapor; tanto las máquinas de vapor atmosféricas de Newcomen como las máquinas de vapor de Boulton y Watt, fueron introducidas en otros países por ingenieros expertos, enviados desde Inglaterra hacia Alemania, Francia, Holanda, España, Austria, Suecia, Bélgica, Suiza, Hungría, Italia, Dinamarca, Portugal y Rusia. En algunos de los países más lejanos y menos industrializados, estos hombres encontraron personas no calificadas y carentes de las habilidades mecánicas que se daban por supuestas en su país. En 1805, un empleado de Boulton y Watt en Rusia, señaló que la máquina que acababa de instalar corría un alto riesgo de avería por la incompetencia de los rusos. Los italianos, según informó otro en 1789, son "el pueblo más ignorante que jamás he conocido - no saben nada de maquinaria -". Durante las siguientes décadas, los europeos llegaron a conocer mucho más sobre mecánica, gracias a los ingenieros ingleses que construyeron e instalaron máquinas de vapor durante los siglos XVIII y XIX.

### *El espionaje tecnológico.*

El espionaje tecnológico constituye otro medio para la difusión de la tecnología; como ejemplo mencionaremos que tras un fallido intento del inglés Thomas Crochet por mecanizar el trenzado de la seda en 1702, un comerciante textil de Londres decidió que había que robar la información sobre la máquina a los italianos. Así, John Lombe, quien tenía talento para la mecánica y era miembro de una familia de tejedores y comerciantes ingleses, fue enviado a Italia en 1715 para realizar este trabajo. Durante una estancia de dos años en Italia, Lombe encontró los medios para ver esta máquina con tanta frecuencia que desarrolló un total dominio del invento, de todas sus partes y movimientos. A su regreso a Inglaterra, su hermanastro Thomas Lombe, construyó un gran molino para el trenzado de seda y utilizó los conocimientos adquiridos por John Lombe acerca de la maquinaria y técnicas italianas. Esta difusión de tecnología no habría tenido lugar sin la ayuda de un espía industrial. El espionaje industrial no se limita en modo alguno a épocas anteriores en las que la industria estaba menos organizada y cuando la ciencia aún no se establecía como fuente de innovación tecnológica. En las industrias química y electrónica modernas, se exige a los empleados que firmen acuerdos restrictivos que limitan el tipo de actividades tecnológicas que podrán emprender tras abandonar sus empleos.

## **¿PROGRESO TECNOLÓGICO = PROGRESO HUMANO?**

Al analizar el fenómeno de la Tecnología, se impone una detenida consideración de la relación entre el progreso tecnológico y el progreso humano. La oposición a la idea del progreso tecnológico apareció ya desde el siglo XVII (1600-1699), pero no fue sino hasta el siglo XX, cuando ésta idea se sometió a una severa crítica desde diversos puntos de vista. La guerra moderna mostró que la muerte y la destrucción masivas, estaban relacionadas con el avance tecnológico; igualmente, el aumento de la energía disponible por la escisión del núcleo de un átomo, no sólo proporcionó la posibilidad de un avance tecnológico, sino que representó una amenaza vital contra los logros sociales y culturales alcanzados, así como a la vida misma de todo el planeta.

Los estudios ecológicos han revelado que el sometimiento de la naturaleza por parte del hombre, se encuentra lejos de ser conveniente pues destruye su equilibrio natural mediante la contaminación ambiental. Adicionalmente, la creencia de la inherente superioridad tecnológica de occidente, fue desafiada por quienes argumentaron convincentemente que algunas tecnologías no occidentales, servían mejor a las necesidades humanas sin hacerlo a costa de la naturaleza.

Como los defensores del progreso tecnológico tuvieron mayores dificultades para justificar el dominio de la naturaleza o el progreso humano como objetivo del avance tecnológico, acudieron entonces a los parámetros estadísticos como pruebas de la bondad del progreso tecnológico. Así, aseguran que aún cuando no se pueda probar que los hombres y mujeres de hoy sean más felices que sus antepasados, al menos se puede comprobar que los vehículos modernos son más rápidos que los antiguos o que los métodos agrícolas de hoy producen más alimento que los de ayer. A primera vista, estas afirmaciones parecen de suyo evidentes; sin embargo, cuando se examinan detenidamente estas medidas "objetivas" del progreso, se encuentra que son tan vulnerables a la crítica como las "subjetivas". Dados los problemas que se plantean al analizar las medidas subjetivas y objetivas del progreso tecnológico, ¿será posible afirmar que la tecnología se dirige hacia una meta determinada? Ni la evidencia histórica ni nuestra actual comprensión del fenómeno de la tecnología en la cultura humana, pueden probar la existencia de una mutua relación de causalidad entre el progreso tecnológico y progreso humano. Por ésta razón, deberíamos erradicar la popular pero ilusoria valoración (positiva o negativa) del progreso tecnológico; en vez de ello, deberíamos cultivar el aprecio por la variedad del mundo tecnológico, la fertilidad de la imaginación humanas y la grandeza de nuestra historia tecnológica. La historia de la tecnología es un testimonio de la fertilidad de la creatividad humana, así como de los diversos modos de vida que han elegido los pueblos de la tierra. Contemplada desde esta perspectiva, la tecnología es una de las supremas expresiones de la vida humana.

## A MODO DE CONCLUSION.

Ciertamente, el acercamiento a la historia y al enfoque humano de la tecnología, no puede más que enriquecernos de manera insospechada. Las tres preguntas eternamente presentes en el espíritu humano, esto es: ¿Quiénes somos?, ¿De dónde venimos? y ¿Hacia dónde vamos?, adquieren una dimensión completamente distinta en el momento en que conocemos nuestro Pasado. Nuestro Presente y Futuro adquieren un carácter menos incierto y caótico, en la medida en que conocemos y comprendemos nuestro Pasado; sin él, no hacen más que perder sentido. La historia tecnológica está colmada de lecciones en multitud de ámbitos de la existencia humana, que de ser percibidas, evitarán que nuestro Pasado se conciba como algo inútil y obsoleto, al tiempo que enriquecerán nuestro Presente y Futuro. Es éste el sentido en el que el inmenso Giuseppe Verdi afirmó: "Ritorniamo a l'antico e sarà un progresso" (Retornemos a lo antiguo y será un progreso). El conocimiento de la historia de la tecnología debería ser, en mi opinión, un área ineludible de análisis para los estudiantes y profesionales de las carreras ingenieriles. Si estas ideas encuentran acogida en alguna persona, se habrá cumplido con creces la intención de este trabajo.

Es mi mayor deseo que así sea.

Víctor Suzán Reed. Julio de 1993.

## BIBLIOGRAFIA.

Asimov, Isaac.

### **MOMENTOS ESTELARES DE LA CIENCIA.**

Alianza Editorial. Madrid, 1981.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Breakthroughs in Science*. New York, 1959.)

Basalla, George.

### **LA EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA.**

Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México D.F. 1992.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The Evolution of Technology*. Cambridge University Press. Cambridge 1988.)

Braun, Ernest. y McDonald, Stuart.

### **REVOLUCION EN MINIATURA.**

Tecnos. Madrid 1984.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Revolution in miniature*. Cambridge 1978.)

Bury, J.B.

### **LA IDEA DE PROGRESO.**

Alianza Editorial. Madrid 1971.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The idea of progress*. New York 1932.)

Childe, V. Gordon.

### **LOS ORIGENES DE LA CIVILIZACION.**

Fonde de Cultura Económica. México D.F. 1954.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Man makes himself*. New York 1951.)

Cohen, I. Bernard.

### **REVOLUCION EN LA CIENCIA.**

Gedisa. Barcelona 1988.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Revolution in science*. Cambridge 1985.)

Cohen, I. Bernard.

### **REVOLUCION NEWTONIANA Y LAS TRANSFORMACIONES DE IDEAS CIENTIFICAS.**

Alianza Editorial. Madrid 1983.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The Newtonian Revolution*. Cambridge 1980.)

Deane, Phyllis.

### **LA PRIMERA REVOLUCION INDUSTRIAL.**

Península. Barcelona 1988.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The first industrial revolution*. Cambridge 1979.)

Derry, T.K. y Williams, Trevor I.

**HISTORIA DE LA TECNOLOGIA.** Volúmenes I a III.

Siglo XXI. Madrid 1977.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *A short history of technology from the earliest times to A.D. 1900.* New York 1961.)

Feldman, Anthony. y Ford, Peter.

**GRANDES CIENTIFICOS E INVENTORES.**

Hymnsa. Barcelona 1984.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Scientists and inventors.* London 1979.)

Huizinga, Johan.

**HOMO LUDENS.**

Alianza Editorial. Madrid 1987.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *Homo Ludens: a study of the play element in culture.* New York 1970.)

Koyré, Alexandre.

**ESTUDIOS DE HISTORIA DEL PENSAMIENTO CIENTIFICO.**

Siglo XXI. Madrid, 1977.

(Traducción de la edición original en lengua francesa titulada *Etudes d'histoire de la pensée scientifique.* Editions Gallimard, 1973.)

Kuhn, Thomas S.

**LA ESTRUCTURA DE LAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS.**

FCE. Madrid 1977.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The structure of scientific revolutions.* Chicago 1970.)

Needham, Joseph.

**LA GRAN TITULACION. CIENCIA Y SOCIEDAD EN ORIENTE Y OCCIDENTE.**

Alianza Editorial. Madrid 1977.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The grand titration, science and socyety in East and West.* Toronto 1969.)

Nisbet, Robert.

**HISTORIA DE LA IDEA DE PROGRESO.**

Gedisa. Barcelona 1981.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *History of the idea of progress.* New York 1980.)

Noble, David. F.

**EL DISEÑO DE ESTADOS UNIDOS.**

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid 1987.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *America by design: science, technology and the rise of corporate capitalism.* New York 1977.)

Pacey, Arnold.

**EL LABERINTO DEL INGENIO.**

G. Gill. Barcelona 1979.

(Traducción de la edición original en lengua inglesa titulada *The maze of ingenuity*. New York 1975.)

Vögtle, Fritz.

**EDISON.**

Salvat Editores. Barcelona 1985.

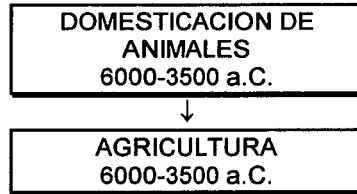
(Traducción de la edición original en lengua alemana titulada *Edison*. Rowohlt Tachenbuch Verlag GmbH. Hamburg 1982.)



# APENDICE

## DIAGRAMAS EVOLUTIVOS

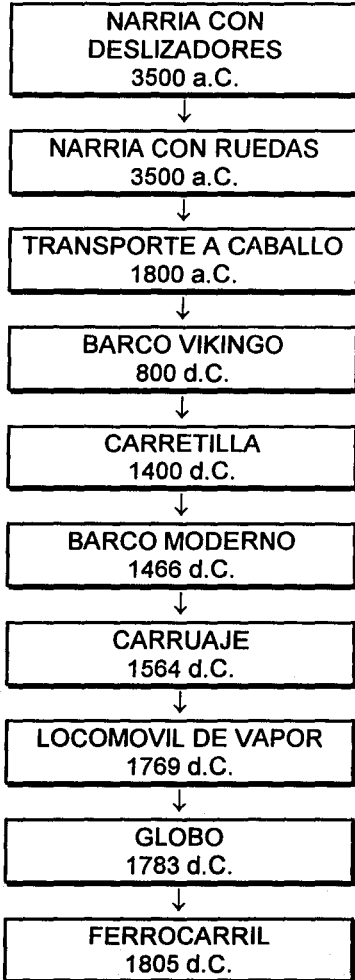
# LA PRODUCCION DE ALIMENTOS

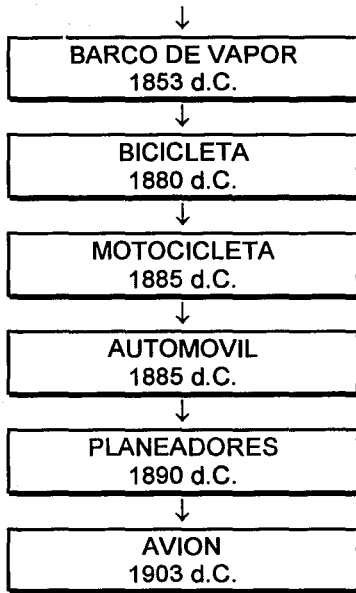


# LA PRODUCCION DE BIENES DOMESTICOS

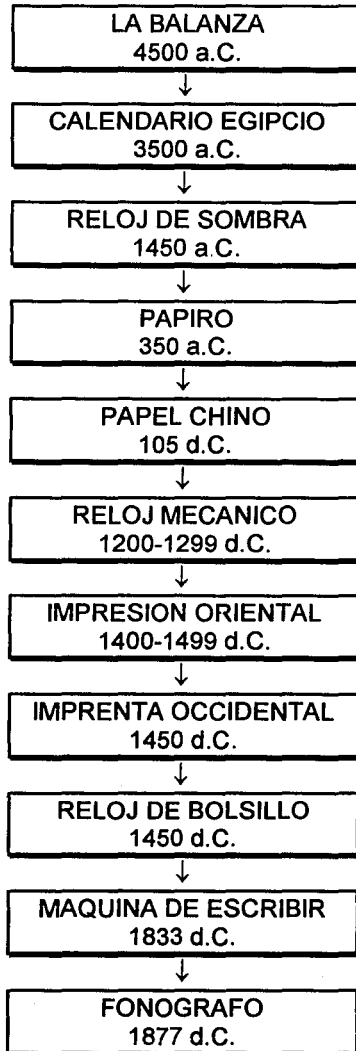


## EL TRANSPORTE





## LOS PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO



## FUENTES DE ENERGIA

