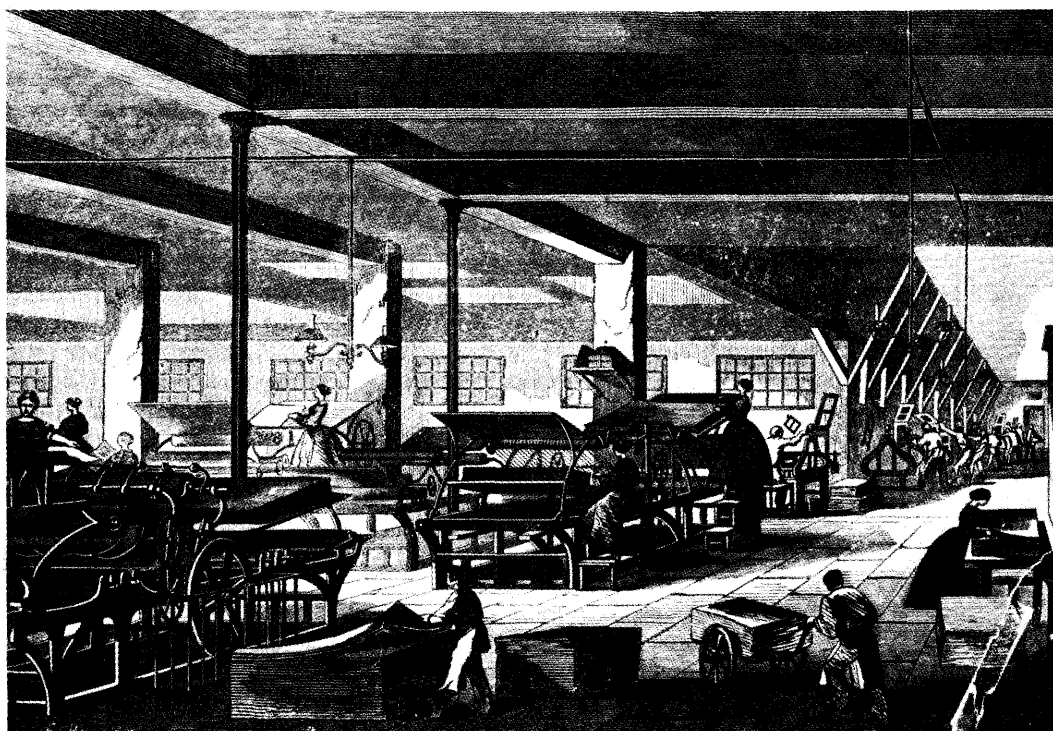


edificios para la industria en la revolución industrial

Julián Salas, Ingeniero Industrial

130-2



1ª parte

sinopsis

Este trabajo es resultado del interés nacido en el autor por encontrar respuesta a una serie de dudas sobre los orígenes de las construcciones industriales. El interés aumentó al visitar buena parte de las realizaciones a las que nos referiremos y al abordar, desde puntos de vista absolutamente distintos, el trabajo de tesis doctoral sobre el tema: «estandarización científica de edificios industriales de una planta, mediante criterios estadísticos, modulares y económicos».

Se centra el trabajo, básicamente, en la descripción y valoración de los edificios realizados en el periodo 1750-1850 siguiendo, como hilo conductor, la evolución tecnológica de las fuentes energéticas, de los materiales y de las formas constructivas.

Pueden diferenciarse tres partes bien distintas: edificios con energía hidráulica; edificios con instalaciones de vapor, y conjuntos industriales calificables como «auténticos».

TRADICION FUNCIONAL Y ARQUEOLOGIA INDUSTRIAL

«Funcional» es el concepto más utilizado a la hora de describir la moderna arquitectura, tanto por tratadistas como por el hombre de la calle. La definición de arquitectura moderna, caso de que esta definición fuese posible, comprendería la aceptación por parte del proyectista de las necesidades que debe atender.

«Nuestro actual interés por los edificios ejecutados en la Revolución Industrial no está confinado, por encontrar un respeto ancestral para nuestras propias preocupaciones con la carencia de estética del funcionalismo. Dichos edificios poseen muchas buenas cualidades en sus propios principios, pero son cualidades que nuestros ojos han empezado recientemente a ser capaces de apreciar» [J. M. Richards, «The Funtional Tradition» (1)].

Intuimos que estamos en el inicio de un proceso de mejor comprensión, de los siglos precedentes, especialmente del XIX. Se aprecia un interés nuevo por la estructura anónima, por la belleza de las estructuras de ingeniería que, si bien es cierto existen desde antiguo, con la Revolución Industrial muestran su ímpetu y desnuda sinceridad.

Es lógico que al ser Inglaterra el país que llevó la antorcha de la Revolución Industrial, fuese éste el que tomase igualmente la delantera en el estudio de las implicaciones técnicas, económicas, sociales y estéticas de dicho período. En Inglaterra ha tomado carta de ciudadanía lo que se conoce como Arqueología Industrial, ciencia que tiende a definir como monumento toda zona industrial, edificio, instalación o equipo que pueda ser útil para el estudio y comprensión de los orígenes y desarrollo de la industria, de la infraestructura y superestructura de los medios de comunicación.

Una vasta bibliografía (Hudson, Buchanan, Raistrick, ...), seminarios, guías, revistas («Journal of Industrial Archaeology», «Industrial Archaeology», ...), museos grandes e ínfimos, sociedades nacionales y locales, llevan a cabo una amplia labor llegando a la creación de «parques industriales» (bajo el concepto globalizador del paisaje industrial), «monumentos industriales», ... Esta tendencia ha tenido un eco favorable en parte de los países industrializados europeos: Suecia y Noruega se ocupan de su pasado minero; Polonia y Alemania tienen una importante infraestructura; Bélgica ha creado un Centro de Arqueología Industrial, y Francia, sensible a su pasado, ha catalogado con detalle este patrimonio, siendo destacable la creación de un «ecomuseo» en la mancomunidad urbana Le Creusot — Montceau — Les Mines.

El «ecomuseo» es un museo del hombre en su medio ambiente rural y agrícola. Durante el siglo XIX la región Creusot — Montceau — Les Mines se industrializó profusamente en torno a una importante mina de carbón y al «Canal del Centro». La iniciativa de la mancomunidad pretende, como objetivo, la reapropiación —por parte de la población— de su propia cultura. Se pretende hacer un inventario del patrimonio comunitario: piezas para la fabricación de cristalería, antiguas locomotoras, martillos pilones, motores diversos... restaurando y adecuando una fábrica de tejas, hornos de cal, una galería de mina, viviendas de esclusero, viviendas obreras, etc. La experiencia de Le Creusot, que resume una política global de valorización y animación del patrimonio arquitectónico legado del XIX, aparece como una excelente experiencia piloto.

¿Cuál es la situación nacional? Coincidimos con el profesor Bonet Correa (2) al afirmar que: «La arquitectura industrial en España constituye una parte marginada por los historiadores y críticos de arte. La razón se debe a que, salvo raras excepciones, los edificios creados para la industria se consideran excluidos de lo que se juzga criterios únicos y sublimes de lo bello».

Pese al escaso y retardado desarrollo industrial español no faltan auténticas «joyas» que merecerían un estudio monográfico: La fábrica de vidrios de La Granja que, según un trabajo de G. Kubler, contaba aproximadamente 660 pies de largo y fue, sin duda, una maravilla del XVIII; la fábrica de tabacos de Sevilla, enorme edificio rectangular de más de 170 x 130 m —construida entre 1728 y 1770— y que a los sobrados méritos propios hay que añadir, como recuerda el profesor Pevsner, el de haber sido cobijo donde trabajase la célebre «Carmen» (ver fig. 1); la fábrica de Artillería, en Sevilla; Sargadelos, en Galicia; «La España Industrial» de 1847, en Barcelona (en peligro inmediato de desaparición total); los complejos de Almadén, La Unión, La Carraca... las cuales, por sólo citar algunos ejemplos, bien merecen un esfuerzo para evitar su aniquilación.

REVOLUCION INDUSTRIAL Y REVOLUCION ENERGETICA

Dicen los ingleses que la Revolución Industrial, al igual que la conquista normanda, no presenta un principio ni un final que puedan fijarse claramente como tales. Fue un período histórico de grandes transformaciones en los procesos industriales, aunque no en grado homogéneo en todas las ramas: mientras que algunas crecían y se transformaban de manera vertiginosa (textil, acerías, transportes fluviales y ferrocarriles), otras, coetáneamente proseguían prácticamente en su vida letárgica (minería, lana, cerámica...).

La Revolución Industrial supuso la creación de gran número de edificios industriales, de nuevos equipos de producción, de infraestructura viaria..., pero también fue el esfuerzo colectivo hasta límites increíbles de generaciones que, viviendo en condiciones de hacinamiento y carencia de higiene (las grandes epidemias azotaron las aglomeraciones de viviendas que se esparcían bajo la sombra de las grandes chimeneas), fueron los grandes protagonistas de un período brillante en el aspecto técnico, pero con un sustrato de explotación y miseria que de forma muy documentada ha estudiado Brian Inglis en «Poverty and the Industrial Revolution» (3).

Para Arnold Toynbee, la Revolución Industrial fue: «un período tan desastroso y terrible como nadie pensó que una nación pudiera pasar; desastroso y terrible ya que junto a un gran incremento en bienestar apareció un enorme aumento de la pobreza; y la producción en gran escala, resultado de la libre competencia, llevó a una rápida alienación de clases y a la degradación de gran parte de los productores».

Tomaremos 1750 como punto de inicio de la Revolución Industrial, a efectos de referencia, y nos ceñiremos en nuestro trabajo a la centuria 1750-1850. Veamos someramente el estado de algunos sectores productivos representativos de la época.

Industria del algodón

Las primeras factorías textiles (tanto de hilado, tejido, tinte, aprestos ...) son conocidas con el nombre genérico de «mills» (del latín «molere», molido). Esta denominación se debe a que ellas fueron las primeras en aprovecharse de la energía de los cursos de agua como ancestralmente lo venían haciendo los molinos de grano. Tomaron el nombre de «mills» más por el común origen energético que por la función productiva.

La producción y transformación textil era importante a nivel artesanal. La aparición de nuevas máquinas tejedoras (Hargreaves, Crompton) y de cardar (Arkwright) supuso un considerable aumento en la productividad. Un hito decisivo puede señalarse en la aplicación

industrial de la máquina de vapor, productora de energía (Boulton & Watt), instalada en la factoría de tejido de algodón Papplewick, en 1785; el salto fue de importancia suma y marca el inicio de un gran número de factorías con edificios de cinco o seis plantas, proyectados para esta función productiva específica, ubicados en las cercanías de zonas carboníferas y cursos de agua como elementos básicos para la producción energética, pero no ya necesariamente sobre el mismo cauce del río. Esto dio lugar a la aparición de concentraciones de este tipo de factorías y a una nueva forma de vida para los hombres, mujeres y niños ocupados en un duro trabajo durante largas jornadas. Hay quienes opinan que el cambio mejoraba claramente las anteriores condiciones de vida; otros, por el contrario, argumentan la obligatoriedad de: vigilar máquinas con alto ritmo durante largas jornadas; el mayor riesgo de accidentes por la velocidad de las máquinas; la frecuencia de incendios debido a la acumulación de materiales altamente combustibles y al uso de iluminación a base de llama casi permanente; el ambiente insalubre por falta de ventilación e iluminación suficiente; la incorporación de los niños de corta edad a la vida activa (siete años, y aún menos, eran suficientes para el inicio de la vida laboral)...

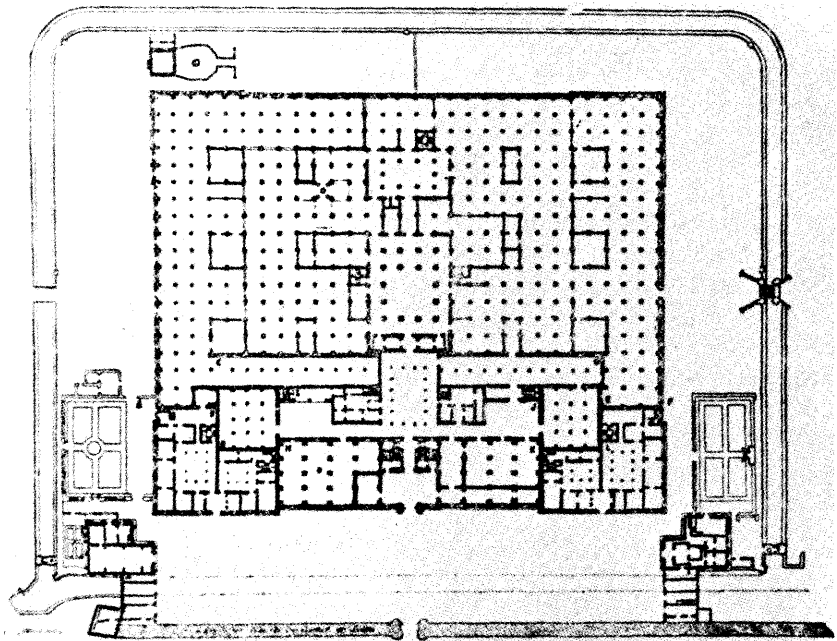
Según estadísticas de la época, que tomamos de B. Inglis (3), sobre un conjunto de factorías algodoneras de Lancashire, la distribución de mano de obra y sus correspondientes salarios era la siguiente:

Hombres			Mujeres		
Edad	Número	Salario	Edad	Número	Salario
< 11	246	2s 3d	< 11	155	2s 5d
11÷16	1169	4s 2d	11÷16	1123	4s 3d
16÷21	736	10s 2d	16÷21	1240	7s 3d
>21	1629		>21	1326	

Diez años (como edad mínima) y diez horas de trabajo (sesenta semanales) fueron aspiraciones por las que se luchó muy duramente en la época y de la que algunos precursores sociales se hicieron eco como ya veremos al referirnos al «New Lanark».

Manufactura del hierro

En 1709 A. Darby consigue fundición de hierro mediante la adición de carbón, lo que permite fuertes aumentos en la producción. Décadas más tarde, 1784, Henry Cost consigue la producción de fundición en horno; como resultado de este paso, aparece una mayor facilidad para el trabajo del hierro, por lo que se inicia la realización de edificios a base de estructura metálica (principalmente soportes);



1 Planta de la fábrica de tabacos de Sevilla (1728-70).

la producción de maquinaria textil a base de hierro suprimiendo sus homólogas realizadas en madera; igualmente los mecanismos de las ruedas hidráulicas se cambian por engranajes y palas metálicas. Con el inicio del XIX aparece la producción en series de importante cuantía de máquinas-herramientas y de vapor, extendiéndose estos equipos a nuevos campos: industria maderera, locomoción, salinera... Los grandes desastres ocasionados por el fuego proporcionaron, entre otras muchas características, una favorable acogida inicial al «nuevo» material.

El flete en 1843 del extraordinario «Great Britain», en el que se conjuntaba lo mejor de la técnica del momento: motores de vapor, propulsión por hélice, casco y estructura metálica, compartimentación estanca..., fue un símbolo del compendio tecnológico de la Revolución Industrial en Inglaterra, al tiempo que acercaba éste a Australia, América y las costas asiáticas.

No obstante, en otros sectores, como el de la minería en Inglaterra, el salto cuantitativo que supuso el pasar de una producción de 2,5 millones de toneladas de carbón (1700) a 22 millones (1850), fue debido al considerable aumento de la mano de obra empleada: hombres, mujeres y niños haciendo uso de picos, palas y vagonetas, y no a los cambios tecnológicos que no se inician de forma sensible hasta después de 1840.

La industria lanera también vivió en un cierto letargo tradicional. Poco a poco, la industria del algodón transfirió y acopló sus progresos, que en forma más paulatina fueron asimilados por la lanera.

Hacia 1830 aparecen las primeras grandes factorías en las que trabajan mujeres y niños, quedando los hombres tejiendo en casa.

Fuentes energéticas

El vapor fue el agente iniciador de una posible liberación de los trabajos físicos duros y penosos. La importancia del desarrollo de las máquinas de vapor trasciende los aspectos puramente técnicos; las implicaciones de su trayectoria se abrieron en amplio abanico: economía, sociología, relaciones laborales, comunicaciones, armamento, etc.

Durante el siglo XVII las minas se hicieron lo suficientemente profundas como para presentar serios problemas de bombeo, ya que cuando la fuerza hidráulica no podía utilizarse las bombas eran accionadas por hombres o animales.

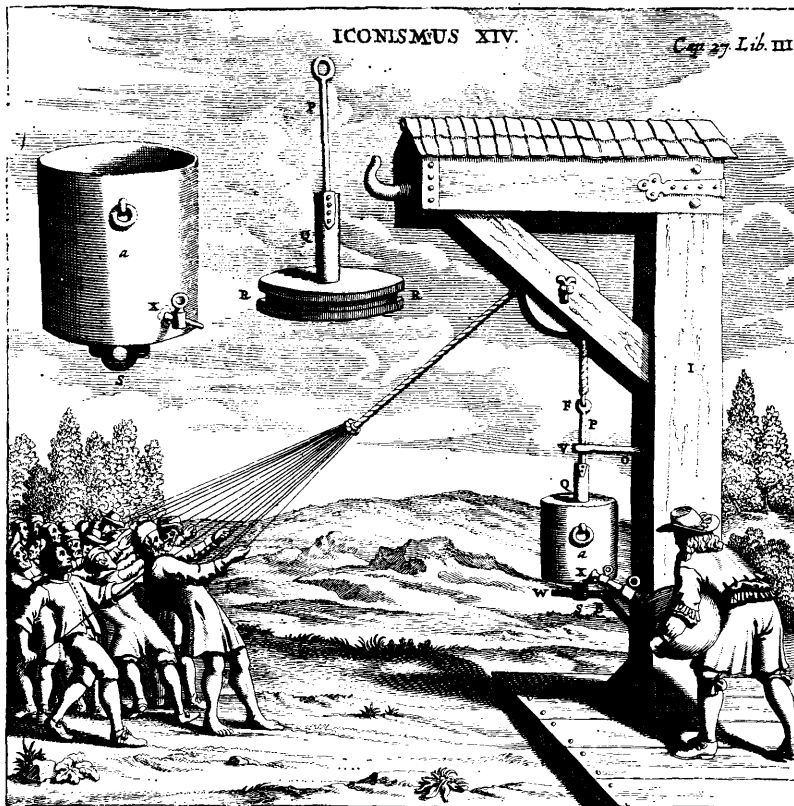
En 1606, en Nápoles, Giovanni Battista de la Porta había descrito un experimento de laboratorio de cómo cerrar un depósito mediante vapor, en lugar de aire o agua a presión. En 1643, Torricelli enunció su teorema en base a experimentos y aplicaciones. Años más tarde, el burgomaestre de Magdeburgo, Otto von Guericke, realizó la primera bomba de aire, y en 1654 demostró experimentalmente cómo haciendo el vacío en un cilindro de 15" \varnothing podía sostener un peso de más de una tonelada (fig. 2).

El descubrimiento de la presión atmosférica, sugerente de una nueva fuente energética —en las primeras décadas del siglo XVII—, hizo que se iniciase la siguiente centuria con la realización del cilindro y pistón, cuyo uso se generalizó en las minas de carbón inglesas, pero el siglo acaba con la dependencia del vacío debida a la condensación del vapor. En el XIX, la introducción de vapor a alta presión hace mecánicamente posible el transporte tanto por tierra como por mar; según avanzaba el siglo el vapor se hacía preminente, y el número de usos y de aplicaciones industriales creció de forma notable. Con el inicio del siglo XX comienza un cierto eclipse para la combustión interna y las turbinas de vapor, las cuales llegan a utilizar altas presiones y producir potencias considerables.

La máquina atmosférica de Newcomen (1717) presentaba una altura considerable, superior a 10 m, por lo que su instalación suponía ya un edificio de unas cuatro plantas de altura. El primero de estos motores fue instalado en 1722, en Königsberg, en lo que en la actualidad es territorio de Checoslovaquia. La expansión y difusión de este tipo de motor fue grande y rápida; para 1775 habían sido instalados más de sesenta en la región de Cornwall (Inglaterra); ver figura 3.

La evolución del motor de Newcomen, realizada por Watt en 1788, separando el condensador y utilizando el trabajo de expansión del vapor fue utilizada ampliamente para la elevación de agua. El artefacto completo presentaba grandes dimensiones, siendo la altura del edificio de unos cincuenta pies y exteriorizaba en el edificio la fuerte personalidad de las características de la máquina productora de energía.

Boulton, el socio de Watt, escribía en 1781: «los habitantes de Londres, Manchester y Birmingham están locos con las factorías a vapor». Watt y Boulton fueron hegemónicos en el mercado copando más del 60 % de las 500 instalaciones realizadas hasta 1800, año en que finalizó el plazo de su patente.



2 Ilustración del experimento: «cilindro-pistón», realizado por Von Guericke, en 1654.

En 1795 la Fundición de Soho, como apuntando hacia lo que hoy son las factorías tipo «llave en mano», suministraba todo el equipo y los componentes del edificio de las nuevas factorías, lo que la situó en una importante posición de mercado cuando finalizó en 1800 el monopolio Watt-Boulton.

Durante la primera mitad del siglo XIX el modelo Taylor de máquinas de bombeo se impuso en Cornwall, dando paso posterior a motores más compactos, que no presentan su impronta en el edificio de la factoría, como ocurría en los cientos de edificios mineros que llenan el paisaje de esta región.

PROGRESO EN EL AHORRO ENERGETICO

(Consumo aproximado, en libras, de carbón por caballo de potencia y hora)

1712	Motor atmosférico de Newcomen	32
1772	Motor atmosférico mejorado por Smeaton	17
1776	Motor con condensador separado debido a Watt	9
1834	Motor «Cornish»	3
1870	Motor compacto de condensación horizontal	2
1885	Motor de triple expansión de condensación vertical	1,5

Datos tomados de R. J. Law (4).

NACIMIENTO DE LOS EDIFICIOS PARA LA INDUSTRIA

En su inicio, las industrias dependían casi tanto del medio natural (entorno) como la agricultura: forja, molinenda, textil, etc. El subsuelo proporcionaba los minerales que en general se transformaban in situ; los bosques el combustible básico, y los cursos de agua la energía.

Las forjas del XVII no se diferenciaban casi nada de la organización agrícola. Los primeros edificios industriales, dignos de tal nombre, se organizaban en torno a un gran patio por lo general cuadrado; talleres, vivienda del maestro-artesano y viviendas de obreros, reproducen las edificaciones de las granjas agrícolas. Sobre el cuadrado del patio se cierran los pequeños edificios presididos por la vivienda del «patrón», autoridad moral y técnica indiscutible, al que la fuerza del trabajo pertenece tanto como los edificios en los que se alojan (figura 4).

Bajo este tipo de organización y estructura se producen semiproductos básicos: hierro, fundición, papel, tela... materiales que no son para uso directo de los consumidores, ya que los objetos de utilización cotidiana y general eran resultado del contacto directo entre usuario y productor, por ello, el artesano se ubicaba en los núcleos urbanos utilizando el edificio de vivienda como lugar de trabajo.

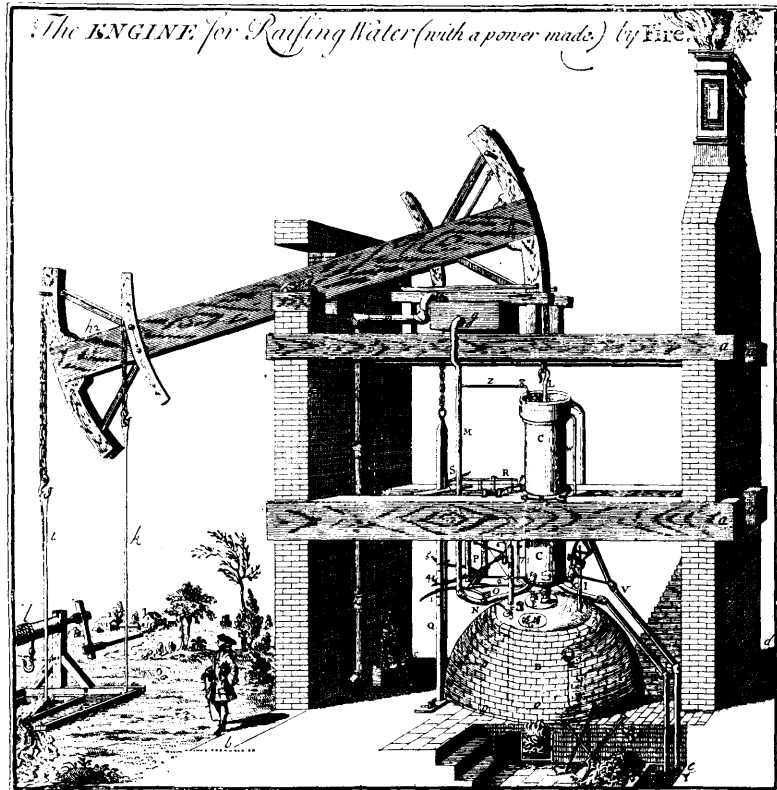
La aparición de la manufactura, como artesanado organizado capaz de producir objetos de lujo destinados a las clases poderosas, aparece en la segunda mitad del XVIII gracias al papel predominante de la corte de Versalles.

Aparece la «factoría-castillo» («castillo» en el sentido francés de la época y que está más cerca del palacio español que de nuestra idea de castillo), la simetría y el orden clásico aparecen en la implantación de edificios de aspecto y diseño palaciego capaces de cantar la grandiosidad y autoridad de los monarcas patrocinadores.

Los edificios bordean una plaza rectangular que deja abierto uno de sus lados para resaltar la fachada frontal donde se aloja «la dirección».

La manufactura real de Dijonval (1775) es un ejemplo meridiano de «fábrica-palacio», tipología de organización productiva borbónica que no presenta parangón en Inglaterra. Los obreros de estas manufacturas reales son artesanos que con un conocimiento de su trabajo presentan una autonomía agrupada; un cierto grado de independencia, dentro de ser la primera masificación de productores, es la característica más sobresaliente de este nuevo tipo de organización del trabajo (fig. 5).

Las fábricas de cerveza son otro claro ejemplo de factorías de la primera época de la evolución industrial. William Cobbet, en su obra «Cottage Economy», escribía en 1821: «hace cuarenta años no había una sola granja en esta parroquia de Sussex que no fabricase su propia cerveza...». En 1419 había no menos de trescientas fábricas de cerveza en Londres, pero en el siglo XVIII ya existía en Inglaterra una producción industrial de cerveza con características propias y tipología de edificios muy concreta, de la que por suerte aún quedan ejemplos muy notables.



3 Grabado de una máquina Newcomen de principios del XVIII.

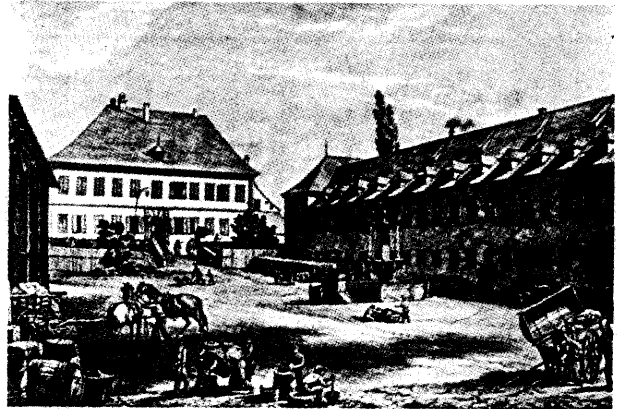
Puede decirse que la fábrica de cerveza es uno de los edificios significativos de los núcleos urbanos rurales, por lo general, situados junto a los cauces fluviales de los que aprovecha agua, energía y evacuación. Muchos de los edificios cerveceros aún existentes y parcialmente en funcionamiento datan del XVIII; un edificio principal de dos/tres plantas de baja altura (seis pies por regla general, $\simeq 1,80$ m) con pequeñas ventanas cerradas mediante lamas utilizadas como ventilación. Otro edificio bajo y largo, de fachada homogénea, que en ocasiones enlaza con uno similar en dirección normal al primero (planta en L, T o formas derivadas de éstas), exteriorizan por lo general refuerzos estructurales en forma de cruz o de placas circulares u ovaladas. Sobresaliendo en altura sobre las naves anteriores, en un extremo o en la intersección, aparece el recinto de calderas, volumen alto con fuertes pendientes que constituyen los contornos definitivos de las factorías cerveceras.

El Secador de lúpulo es el tercer edificio que conforma la factoría de cerveza. Las torres de secado, de forma atrevida, las más antiguas con planta circular y posteriormente cuadrada, tienen unos veinte pies de diámetro y cubierta cónica o piramidal parcialmente abierta en la parte superior protegida por un sombrero o estructura de cumbre, especie de logotipo de esta actividad industrial (fig. 6).

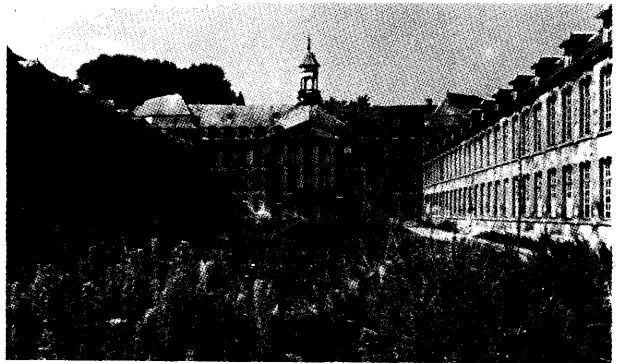
Ya en 1774, en la fábrica de cervezas Whitbread, en Finsbury, para la resolución constructiva de las naves a dos aguas se utilizaron cerchas de madera de 60 pies de luz ($\simeq 18$ m) que cubren una longitud de 160 pies (fig. 7).

En las construcciones de varias plantas, los pilares de fundición rematados por extensas pletinas de reparto se alineaban en dos hileras interiores de pilares formando tres vanos de 40 pies cada uno recibiendo gruesas jácenas de pino en forma de vigas de apoyos múltiples y actuando las pletinas-capiteles como zonas de reparto de apoyo. Ver fig. 8.

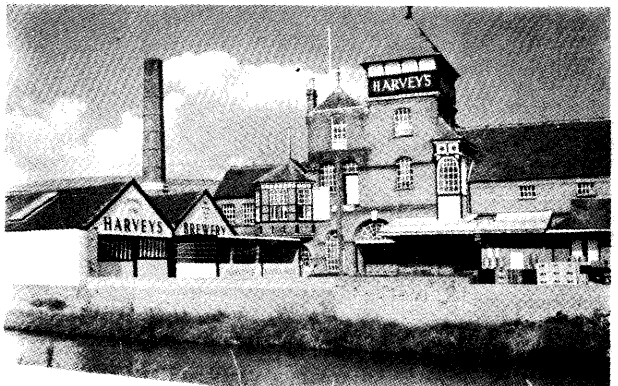
La construcción de nuevos espacios de almacenamiento, junto a puertos y ríos, fue una de las grandes contribuciones de los ingenieros de finales del XVIII, en la que fueron pioneros Telford y Rennie. El movimiento de productos y materias primas en grandes cantidades hizo necesario este tipo de construcciones para protegerlos del saqueo y el deterioro. John Summer escribía al respecto que estaban «proyectados y construidos con gusto y precisión sirviendo hoy a sus fines tan adecuadamente como cuando los grandes barcos procedentes de las Indias eran de 750 toneladas».



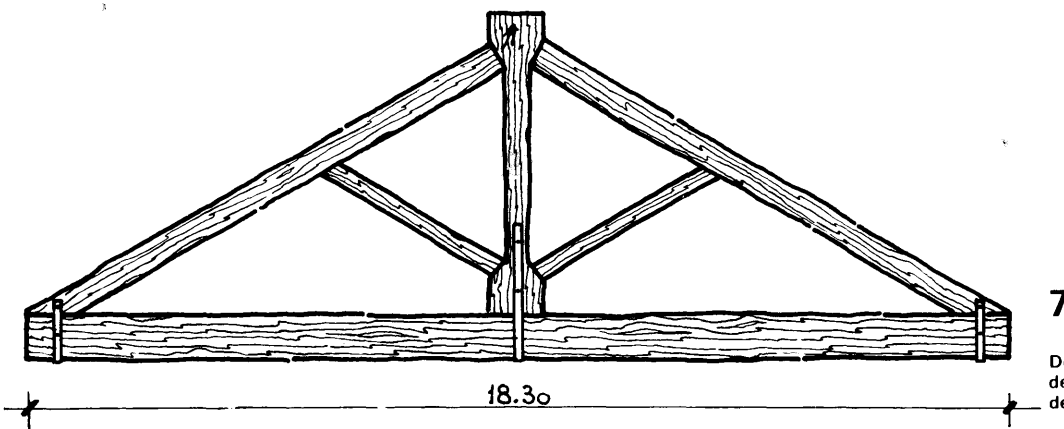
4 Manufacturas «Haut Rhin» Prototipo de organización industrial según patrones de granja agrícola.



5 Manufacturas reales de Dijonval 1775 prototipo de «fábrica palacio»



6 Fabrica de cerveza Harveys, en Lewes (Inglaterra). El conjunto, a plena producción, corresponde a diferentes épocas y no pocos edificios datan de 1790.



7
Detalle de las cerchas de madera de finales del siglo XVIII.

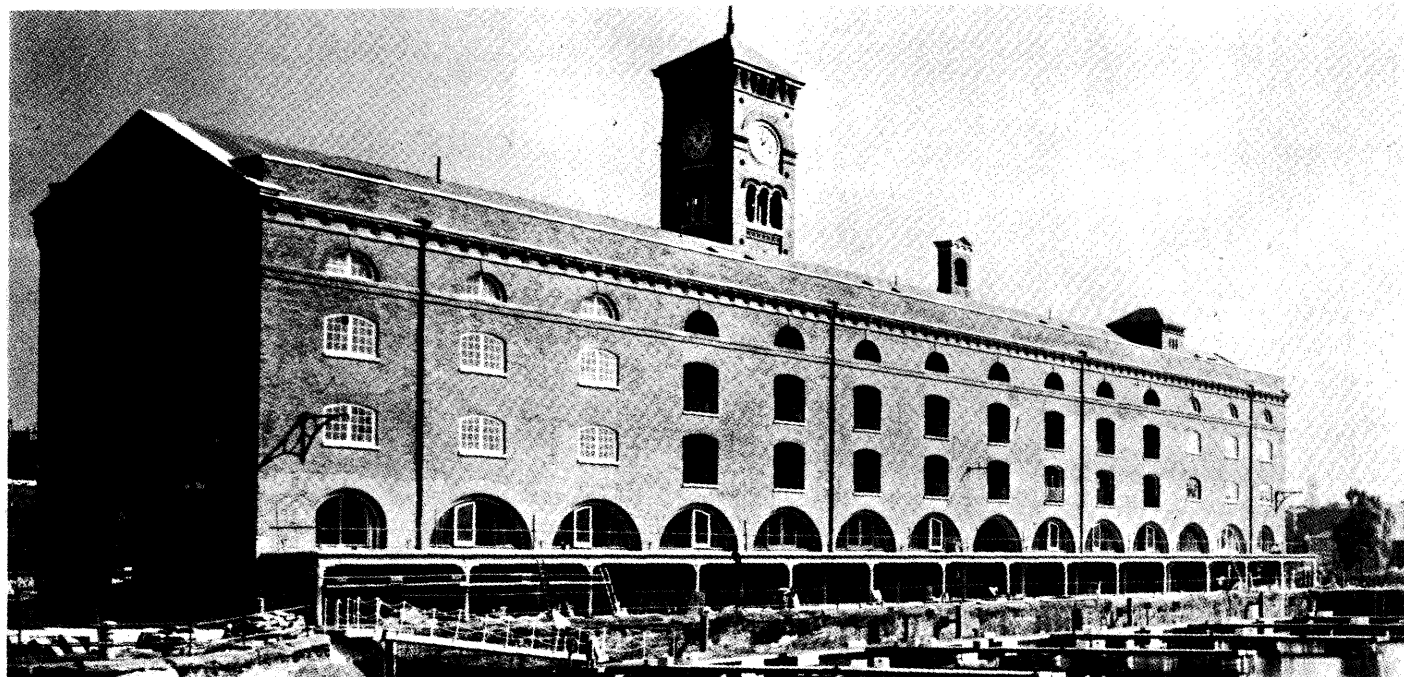
El desarrollo de la construcción de edificios para almacenamiento corre, por su tipología y desarrollo de necesidades, un proceso muy similar al de las construcciones industriales a las que se encuentra ligado por un mismo espíritu, idénticos proyectistas, formas externas, materiales...

Los grandes locales de almacenamiento, fundamentalmente los de grano —a finales del XVIII y durante todo el XIX— suelen tener cuatro plantas de altura, aunque excepcionalmente los hay con siete plantas, y presentan características semejantes a las de los edificios industriales de cuya familia forman parte: poderoso alzado rectangular con tantos huecos de ventana como los materiales resistentes permitían; cubierta a dos aguas con fuerte pendiente; en la parte superior y ocasionalmente a media altura suelen aparecer eslingas y montacargas, que atienden bandas verticales desde cimientos hasta aleros, abiertas para introducir los productos a los diferentes pisos. Estas bandas de huecos verticales junto con las filas e hileras de ventanas cuadradas —en algunos casos con dinteles en forma de arcos rebajados—, el remate en voladizo de pequeñas casetas superiores desde las que se maniobran las grúas de elevación, junto con los materiales empleados tales como: ladrillos rojos o amarillos, cercos y marcos de ventanas de fundición, en bastantes casos con postigos de madera, dinteles de puertas y remates de esquinas de mampostería, y los típicos refuerzos estructurales a nivel de forjado que se manifiestan en fachada en forma de aspa, cruz o placa metálica, son las características constructivas más acusadas de estas construcciones. En algunos casos, escasos por el peligro de incendios tan acusado en la época y al que nos referiremos más adelante, se construyen pabellones de pocas plantas que para ventilación y secado de productos se valen de fachadas a base de lamas superpuestas de madera que permiten la ventilación de los productos almacenados.



8 Detalle de apoyos en el edificio de la cervceria Anchir en Southwark, Inglaterra 1820.

Capítulo aparte, por su importancia y magnitud, merecen los grandes almacenes portuarios de St. Katharine, en Londres, construidos a finales del primer cuarto del XIX, y los Albert Docks, en Liverpool, en el cuarto de siglo posterior (fig. 9).

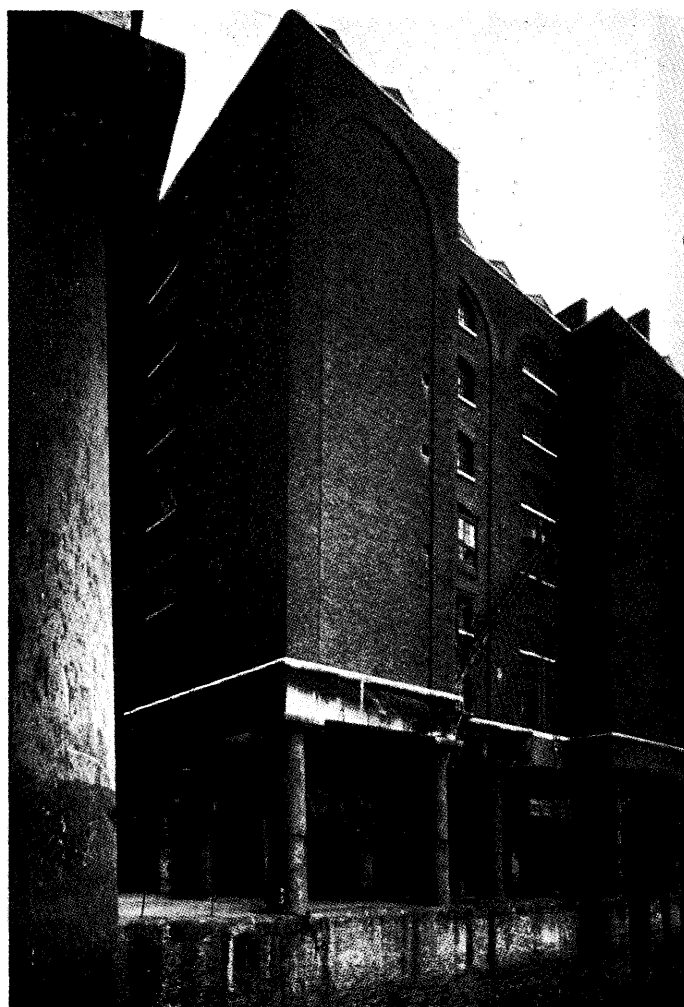


9 Estado actual de los almacenes St. Katharine, en Londres.

Los almacenes St. Katharine, proyectados por Telford, parcialmente destruidos en la última guerra y recientemente reducidos a una mínima parte, excelentemente remodelada con fines turístico-comerciales, están situados junto a la Torre de Londres, a orillas del Támesis. Originariamente bordeaban dos bahías semicerradas y, por problemas de necesidad de espacio, se adaptaban al perímetro irregular del contorno. Sobre la primera planta, parcialmente posticada gracias a columnas dóricas de granito, se levantan en ladrillo amarillo seis plantas con filas de ventanas de arco rebajado rehundidas a base de excelente fábrica de ladrillo que, de forma regular, se retranquean en las zonas donde debían trabajar las grúas en forma de brazos adosados a los paños de pared que accedían directamente sobre las embarcaciones corriendo los edificios sobre el borde de los muelles. Los forjados de plantas están formados por vigas de madera apoyadas en soportes de fundición (fig. 10).

Tipológica y estructuralmente distintos son los edificios destinados a la construcción y reparación naval, y particularmente los almacenes de botes y barcos comunicados mediante rieles en pendiente con el agua. De 1772 y 1813 datan respectivamente dos de estas construcciones en los puertos de Devonport y Chatham (Inglaterra), ambas a base de extraordinarias estructuras poligonales de potentes vigas de madera que consiguen una considerable luz libre; dichas estructuras recuerdan fielmente (lo cual lógicamente no es casual, ya que solían ser construidas por los mismos maestros carpinteros y con los mismos materiales que los barcos) a los armazones de casco de barco en posición invertida y presentando las incipientes cerchas — a modo de costillas de barco —, sumamente cercanas, lo que junto con la gran altura alcanzada consiguen un espacio funcionalmente válido y de gran belleza estructural.

10 Vista parcial de los almacenes St. Katharine en el puerto de Londres antes de la reciente reconstrucción.



FACTORIAS CON ENERGIA HIDRAULICA

Las ruedas hidráulicas, anteriores a los molinos de viento, fueron usadas en China 2000 años antes de Cristo. Durante el Imperio Romano, la construcción de este medio energético se generaliza y de esa época data un conjunto situado cerca de Arlés (Francia) formado por dieciséis ruedas, cada una de las cuales mueve dos piedras de molino, lo que proporciona una capacidad de molienda de tres toneladas de trigo por hora.

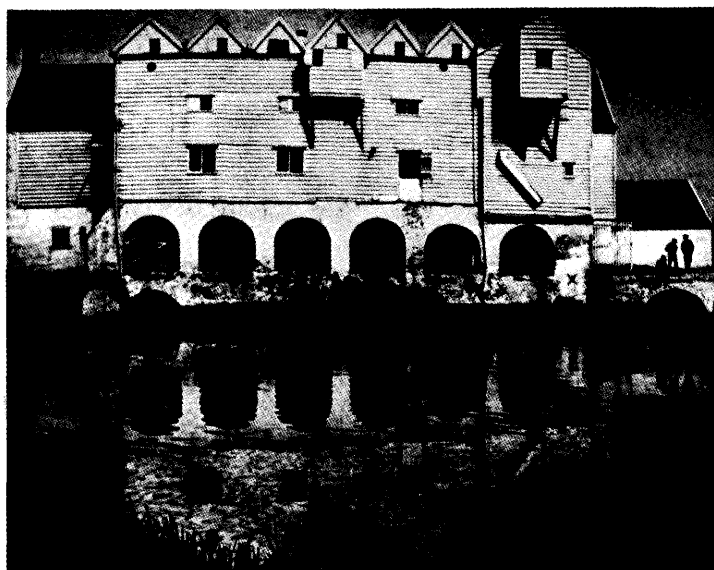
En la primera mitad del XIX, con el avance de la energía procedente del vapor, los cauces de agua pierden mucha de su importancia, aunque con la gran aportación de los franceses Poncelet primero, y Benoit Fourneyron después, con la puesta a punto de las turbinas (que con igual desnivel y cauce producen mayor energía) supuso un refuerzo a la importancia de los cauces fluviales.

Los molinos de grano se sitúan en sitios estratégicos de los cursos fluviales para mejor aprovechar la energía del movimiento del agua. En algunos casos, como en Meaux (Francia), los edificios destinados a la molienda se adosan unos a otros de forma tal que llegan a cubrir en su totalidad el ancho del río (figura 11). El proceso de agrupamiento de estas unidades familiares autónomas no pone en causa su carácter artesanal. En ocasiones, con la misma entidad artesano-familiar son edificaciones de volumen y envergadura considerable de tres-cuatro plantas y un buen número de conducciones de agua en paralelo, como los de las regiones inglesas de Norfolk, Essex y Kent, algunos de ellos, con casi dos siglos de antigüedad en uso competitivo y en excelente estado de conservación (fig. 12).



11 Molinos de cauce fluvial en Meaux (Francia).

El nacimiento de la industria pone frente a la familia reunida en torno al trabajo agrícola, artesanal o seudoindustrial, otra forma de organización que pasa por el desmembramiento de la familia nucleada como unidad productiva. De la nueva actividad surge la necesidad de



12 Una muestra del buen estado de conservación de molinos ingleses con más de dos siglos de funcionamiento.

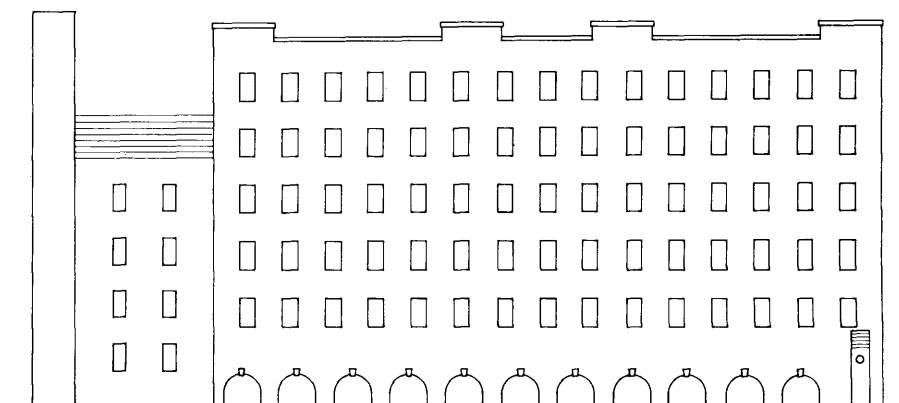
nuevos edificios, no vale el «cottage» con una planta superior con «ventana de tejedor (*). Nace el embrión del edificio industrial. Tipológicamente tiene mucho de molino y también de gran almacén, incorporando elementos simbólicos georgianos: la torreta, el frontis triangular con el reloj, pero sin alterar la sobriedad del edificio. El esquema adjunto (fig. 13), correspondiente a Silk Mill construido en Derby, en 1718, por John Lombe basado en los conocimientos adquiridos por éste en Italia sobre la elaboración de la seda y la utilización de la energía de los cursos del agua ¿puede tomarse éste como la primera construcción para uso industrial? Nosotros así lo haremos por fijar un hito en nuestro trabajo.

La factoría de Lombe puede considerarse como la primera obra de estructura de esqueleto. Estaba formada por una planta de 39 pies x 110 de longitud, con dos filas de pilares de madera en el centro y muros portantes sobre los que se abrían 468 ventanas. Lombe marcaba, con esta sedería, la pauta de lo que serían durante más de dos siglos los edificios industriales.

El primer interrogante que nos planteamos ante un edificio como éste de seis plantas de altura, tipo que se generalizó durante la Revolución Industrial —con las dificultades estructurales propias en el inicio del XVIII— es: ¿por qué razón se adoptó un planteamiento en altura? La respuesta tenía que ser simple y la encontramos en la fuente de energía utilizada.

El empleo de ruedas de 18 pies de diámetro del tipo **a** (fig. 14) de aspas planas (hubo que esperar un siglo para que apareciesen las paletas curvas, tipo **b**, puestas a punto por el francés Poncelet en 1827), proporcionaba movimiento a unos 26.000 mecanismos, según un esquema de distribución que imaginamos similar al de la figura 15, que corresponde a la factoría North en Belper, que data de 1803.

(*) La expresión inglesa de la época «ventana de tejedor» (weavers' windows) describe las ventanas apaisadas construidas en la segunda planta, sobre la propia vivienda, donde se dedicaba a tejer de forma no mecanizada.

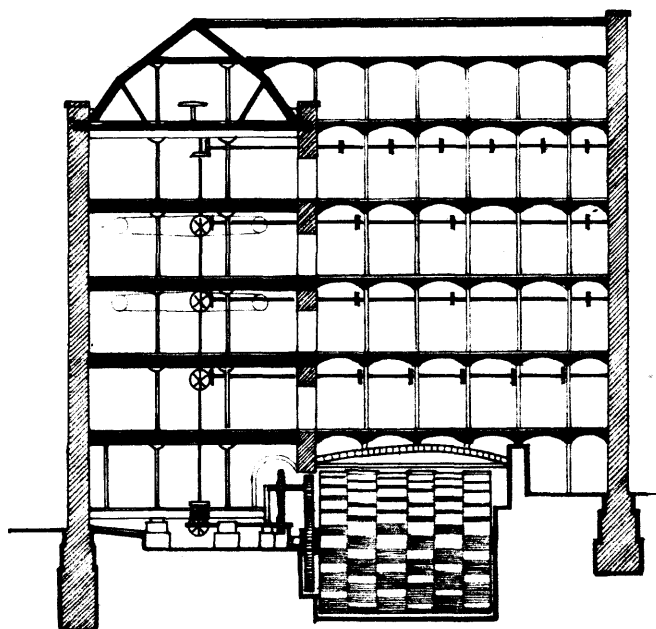
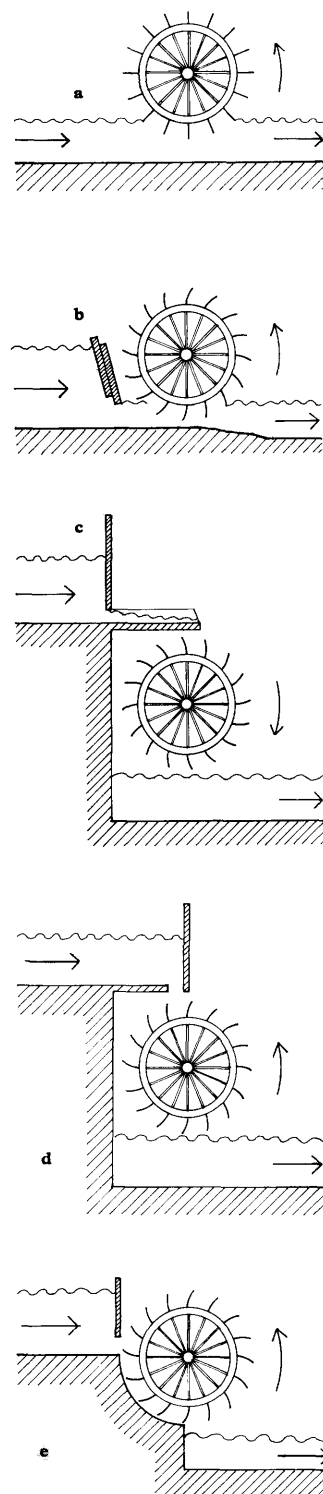


13 Esquema de alzado de Silk Mill construcción que fue realizada en 1718 por John Lombe.

14 Esquemas de la evolución experimentada por las «ruedas de agua» hasta transformarse en turbinas.

Nos hemos esforzado en encontrar razones que justificasen de forma contundente el porqué de esta opción por los edificios de varias plantas: ¿distribución más compacta y, por tanto, de mayor rendimiento energético?; ¿copia unimétrica de los molinos de grano en los que la gravedad se aprovecha como ayuda?; ¿disminución de superficie de cubierta?

Pensamos, que al no haberse encontrado aún (primera mitad del XVIII) la iluminación natural cenital en edificios industriales (ha de esperarse a 1840), la búsqueda de iluminación natural partiendo de la baja proporción de huecos de ventana implicaba forzosamente edificios estrechos con huecos de ventanas a ambos costados, máxime en las condiciones climatológicas británicas. La posibilidad de pequeñas naves de una planta hubiese supuesto una multiplicación de puntos de producción energética, lo que evidentemente hubiese sido un despilfarro, ya que las unidades de mayor rendimiento eran las ruedas de mayor diámetro; o bien, árboles giratorios de distribución hori-



15 Sección esquemática de lo que debió ser North Mill en Belper en los albores del siglo XIX.

zontal excesivamente largos, de problemático funcionamiento y bajo rendimiento por pérdidas en tan largo recorrido improductivo. El edificio estrecho, no mayor de 27 pies, se adaptaba a la solución de iluminación natural; el tener cinco o seis plantas como era lo normal en esta tipología daba una mayor compacidad a la transmisión de energía, ya que mediante un solo eje vertical se accedía a todas las plantas por el camino más corto; el fijar en seis plantas la altura apuraba al máximo las limitaciones de movimiento de personas y materiales mediante tracción humana (*), y suponía una altura adecuada para la distribución de toda la capacidad energética que podía producirse.

(*) El ascensor a vapor fue utilizado, por primera vez, por Otis en 1852 y hay que esperar a 1867 en que Eydoux presentó el ascensor hidráulico que tuvo una rápida difusión.

Esta es nuestra justificación de esta tipología de edificios que, cuando menos, para el contexto de los albores del XVIII, resultan en primera impresión fuertemente chocantes desde el punto de vista estructural e ilógicos en el aspecto de la producción.

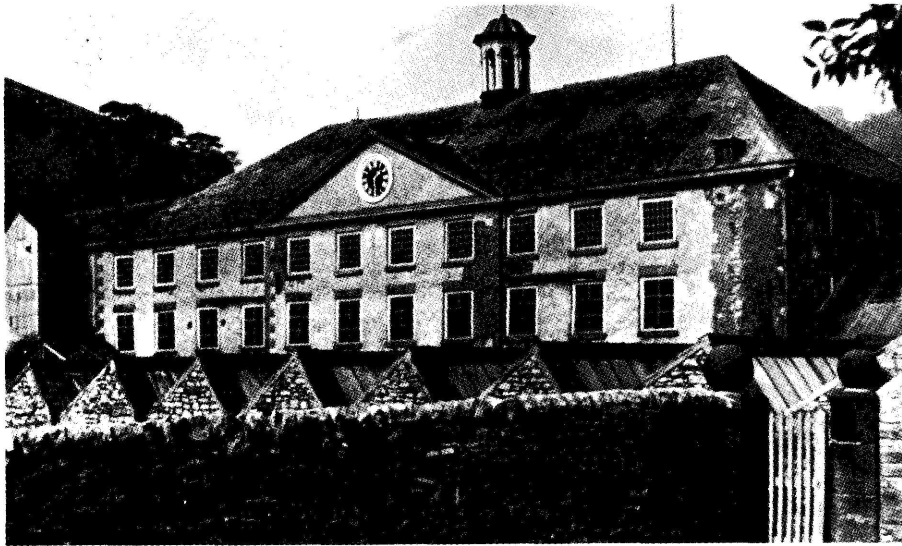
Arkwright, un hombre de sombrío origen pero que contó muchísimo en esta época industrial, construyó una factoría en Nottingham, en 1769, con la singularidad de que en lugar de valerse de un curso fluvial como fuente energética, ésta procedía del movimiento de una rueda horizontal de 27 pies de diámetro movida por seis caballos que caminaban circularmente haciendo girar un eje vertical. Como tantas otras, fue pacto de las llamas en 1781 y posteriormente reconstruida pero incorporando, como fuente energética, un motor de vapor Watt-Boulton.

Lombe, al que nos hemos referido más arriba, junto a Need y Strutt como socios, se propusieron la construcción de una factoría modélica. Eligieron Cromford por varias razones: el arroyo Bonsall complementado por el cauce de agua artificial Meer Sough que había abastecido a unas minas cercanas, presentaban la característica de no helar en invierno, lo que le aseguraba la continuidad de suministro energético; por otra parte, el pleno empleo de los hombres permitía el subempleo de mujeres y niños; finalmente, Cromford lejos de Lancashire no corría el riesgo de los antimaquinistas o destructores de máquinas. En 1771 se finalizó «Old Mill», en Cromford, donde se fueron superando gracias a la ingeniosa habilidad en mecánica de Arkwright gran parte de los problemas que se fueron presentando. Doscientos empleados trabajaban en Old Mill, en gran parte mujeres y niños en dos turnos de doce horas. La gratuidad de la fuente energética y la constancia de la misma, entendemos que fue la razón básica para la implantación del trabajo nocturno, herencia que en ocasiones no ha tenido ni tan siquiera esta justificación.

No lejos de Cromford y Derby, en Derwent construyen en 1776 Belper, factoría bajo la dirección de Strutt a base de muros de ladrillo y estructura de madera ésta fue el embrión de un importante complejo industrial, hoy bajo el patrocinio del Museo de Ciencia de Londres. Belper se incendió en 1803 pero, inmediatamente, el hijo de Strutt lo reconstruyó utilizando en esta ocasión estructura metálica. La factoría continúa hoy dedicada al mismo uso, bajo el nombre de English Sewing Cotton Co.; pilares de fundición soportan vigas de 9 pies de luz que se sitúan a 7 pies de distancia, entre las que se construyen arcos de ladrillo; en cada espacio entre vigas se distribuyen los servicios de iluminación, calefacción central y ventilación mecánica. La calefacción, conseguida a base de grandes conductos de aire calentados al pasar junto al fuego, distribuyen mediante registros regulables el aire por toda la factoría. La última planta se destinaba a escuela de niños y niñas de corta edad empleados en la factoría.

En 1779 Arkwright y asociados construyen Cressbrook que devastado por un incendio es reconstruido en 1815 siendo una de las fábricas más bellas de la época; presenta un hermoso y amplio edificio de seis plantas trabajado en piedra con un frontis triangular con reloj y, en la cumbre, una torreta desde la cual la campana llamaba al trabajo (fig. 16).

No tenemos seguridad sobre la fecha de construcción de un amplio conjunto de naves anexas al edificio principal que presentan la particularidad, importante para este trabajo, de ser construcciones tipo shed con la cara norte de cubierta totalmente acristalada y paramentos verticales ciegos a base de piedra. De datar de 1815, serían las primeras construcciones shed que conocemos, aunque hay quienes dan esta construcción como un añadido posterior, hacia 1880. Bien es cierto que la hilatura de Roubaix, en Francia, por su extraordinaria extensión cubierta e importancia —construida con certeza en 1840 a base de largas estructuras tipo shed— es uno de los hitos de las construcciones industriales y un nuevo símbolo de construcción acorde con la época del apogeo de la energía de vapor. El motor productor de energía situado en el subsuelo o parte baja de un extremo de la factoría, exteriorizado por la gran chimenea, simboliza la nueva potencia energética que se distribuye horizontalmente en todas las direcciones (fig. 17).



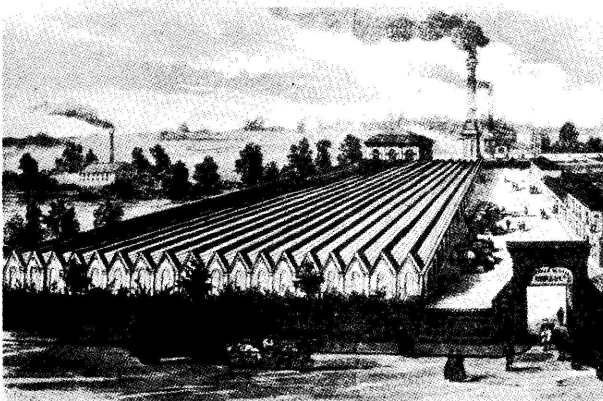
16

Cressbrook, una de las factorías más cuidadas de comienzos del XIX. En primer plano una ampliación en diente de sierra.

Las construcciones en diente de sierra de una planta, que según algunos aparece en 1835, se extienden con rapidez a las nuevas construcciones industriales de 1850 consiguiendo una iluminación cenital natural homogénea. Las inmensas fachadas ciegas de las naves de producción transmiten la idea de fortaleza moderna, y la fachada del edificio principal se transforma en imagen de marca que aparece en cartas, etiquetas y embrión publicitario.

Terminaremos este recorrido por algunos de los edificios en los que se asentaron las raíces de la Revolución Industrial, deteniéndonos en Stanley Mill. Construido en 1813 sobre el Frome en Stonehouse, es posiblemente el más representativo y bien conservado, ya que al haber acaecido la crisis del algodón a finales del XIX, en el sur de Inglaterra, no han sufrido alteraciones las instalaciones de primera implantación.

Stanley Mill se asienta sobre tres túneles, cada uno de 800 pies de largo que suministran agua en movimiento y accionan ruedas generadoras capaces de producir 400 caballos de vapor (fig. 18).



17 Fábricas de hilados en Roubaix (Francia). Considerada como la primera gran construcción tipo «shed».



18 Paramento lateral de Stanley Mill. Los huecos de ventana, mediante potentes dinteles de piedra suponen un incremento cuantitativo considerable de superficie acristalada.

19 Estado actual del interior de Stanley Mill. Las piezas estructurales de fundición, de sello georgiano, ganan altura y facilitan el apoyo múltiple de las jácenas.

Cuenta Stanley Mill con una de las estructuras metálicas más hermosas y adecuadas a las necesidades del momento. Sobre las parejas centrales de pilares de fundición, que delimitan el pasillo central, unas arcadas fundidas de una pieza de claro estilo georgiano dan mayor altura a los pilares y, por tanto, a la distancia suelo-techo volando a ambos lados para dar mayor luz a los vanos de las vigas metálicas que apoyan en estas estructuras en arco (fig. 19). Entre pórticos el forjado se resuelve con bóvedas de ladrillo. Las fachadas exteriores, en las que el ladrillo y la piedra armonizan con huecos de ventanas apaisadas de grandes dimensiones, se completan con retícula de barras que forman una pieza única fundida. El edificio sorprende externamente por la afinidad de su aspecto con la arquitectura actual. Sobre este punto volveremos en la 2.ª Parte de este trabajo.



bibliografía

- (1) J. M. Richards: «The Functional Tradition (in early industrial building)». The architectural Press Ltd., London, 1958.
- (2) Antonio Bonet Correa: «Urbanismo y arquitectura en Almadén», Rev. Goya de enero 1975.
- (3) Brian Inglis: «Poverty and the Industrial Archaeology in Britain». Pelican Books. London, 1972.
- (4) R. J. Law: «The Steam Engine». A. Science Museum Booklet. London, 1975.

résumé

DES BATIMENTS POUR L'INDUSTRIE DANS LA REVOLUTION INDUSTRIELLE

Julián Salas, ingénieur industriel

Ce travail est le résultat de l'intérêt ressenti par l'auteur pour trouver une réponse à une série de doutes sur les origines des bâtiments industriels. Son intérêt s'est accru lors de la visite qu'il a effectuée à un bon nombre de réalisations, dont il fait mention ici, et au moment d'aborder, de points de vue absolument différents, le travail d'une thèse de doctorat au sujet de «la standardisation scientifique des bâtiments industriels d'un seul niveau, selon des critères statistiques, modulaires et économiques».

Le travail porte fondamentalement sur la description et l'évaluation des bâtiments réalisés dans la période de 1750-1850, suivant, comme fil conducteur, l'évolution technologique des ressources énergétiques, des matériaux et des formes de construction.

Trois parties peuvent être différenciées: les bâtiments pourvus d'énergie hydraulique, les bâtiments ayant des installations à vapeur et les ensembles industriels qualifiés comme «utopiques».

summary

BUILDINGS FOR INDUSTRY IN THE INDUSTRIAL REVOLUTION

Julián Salas, Industrial Engineer

This work is the result of the author's interest in finding an answer to a series of doubts about the origins of the industrial constructions. Interest was increased when visiting a large part of the achievements we shall refer to, and from absolutely different points of view, tackling the doctoral thesis work on the subject: «scientific standardization of one plant industrial buildings, using statistical, modular and economic criteria».

The work is basically centered on describing and appraising the buildings made during the period 1750-1850, using as conductor, the technological evolution of the energy sources, the materials and constructive forms.

Three very clear parts may be differentiated: buildings that have hydraulic energy; buildings with steam installations, and industrial complexes classed as «utopian».

zusammenfassung

INDUSTRIEGEBÄUDE IN DER INDUSTRIELLEN UMWÄLZUNG

Julián Salas, Zivilingenieur

Diese Arbeit ist das Ergebnis des Interesses des Verfassers, eine Antwort auf eine Reihe zweifelhafter Fragen über den Ursprung der Industriebauten zu finden. Das Interesse wuchs beim Besuch eines grossen Teils der ausgeführten Bauwerke, auf welche wir hinweisen werden, und bei Betrachtung, nach völlig verschiedenen Gesichtspunkten, der Doktorarbeit über das Thema: «Wissenschaftliche Standardisierung von einstöckigen Industriebauten nach statistischen, modularen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten».

Die Arbeit besteht im wesentlichen in der Beschreibung und Beurteilung von in der Periode 1750-1780 erstellten Gebäuden unter Verfolgung der technologischen Entwicklung der Energiequellen, Materialien und Bauformen.

Es sind drei sehr verschiedene Teile zu unterscheiden: Gebäude mit hydraulischer Energie, Gebäude mit Dampfanlagen und Industriekomplexe, die als «utopisch» zu bewerten sind.