

EL ARTE EN LA INGENIERÍA

En todas las manifestaciones del ingenio humano, ya sean puramente científicas ó imaginativas, ya sean prácticas y palpables llamadas á satisfacer necesidades de un orden menos elevado, existen dos elementos primordiales que las integran y constituyen: la *idea* y la *forma*. Y si es verdad que la forma se determina por la idea ó finalidad de la obra á la cual debe amoldarse, síguese de aquí que cada obra exige una forma especial, que éstas en su infinita variedad no son arbitrarias, y que el *Arte* que las regula y clasifica, debe ocupar un lugar importantísimo en toda producción de la actividad del hombre.

Para dar prestigio á ésta, la sociedad necesita del *Arte* y nuestra misma naturaleza reclama su auxilio para que al propio tiempo que subvienen las necesidades materiales que aparecen de continuo, queden satisfechas aspiraciones de orden puramente moral.

Y como unas y otras se manifiestan en todas las esferas del conocimiento y en todas las ramas del saber humano, claro está, que las obras que constituyen la competencia del Ingeniero de Caminos han de estar sometidas en mayor ó menor escala á esta influencia artística ineludible; pero, como por su carácter principalmente utilitario, parece á primera vista que ha de ser en ellas la tal influencia cosa muy secundaria, quisiéramos desde estas columnas volver por los fueros del arte en lo que atañe á sus relaciones con nuestra especialidad.

Rivalidades profesionales mal entendidas y defectos de educación artística han pretendido establecer, desde este punto de vista, una diferencia esencial entre el *sublime Arte arquitectónico* y la *científica profesión del Ingeniero*, asignando al primero una misión eminentemente artística y á la segunda carácter sólo científico, negándola todo fin estético y dejándola reducida á la ciencia de la sólida construcción para resolver problemas de mera utilidad. No cabe desconocer, es verdad, la mayor preponderancia que en el ejercicio de la arquitectura pueda tener el elemento estético con relación á las demás ramas de la ciencia del constructor, pero también creemos que no debe admitirse en este punto un criterio tan cerrado que al descartar la influencia del arte en las obras del Ingeniero, marca límites muy estrechos al campo de acción de la Arquitectura é ingeniería, que habiendo constituido por mucho tiempo una sola ciencia hoy se encuentran separadas por la misma extensión que van adquiriendo los conocimientos y las necesidades actuales.

En este orden de ideas ha sucedido lo que en todos aquellos en que se cumplen las leyes biológicas: el medio ambiente, la complejidad histórica y la acción fatal del tiempo han apartado y diferenciado lo que antes estaba unido, estableciendo caracteres diferenciales, que si bien proceden de un principio único se muestran, no obstante, distintos conforme van adquiriendo su completo desarrollo.

Así en la antigua Grecia se dió el nombre de *techites* ó *tehtones* á los artifices que, constituyendo la última de las clases en que estaba dividido el pueblo se dedicaban á los oficios mecánicos y manuales que hoy ejecutan los que en lenguaje corriente llamamos *artistas*, aunque con más propiedad debiera llamárseles *artesanos*. Cuando los progresos sucesivos en el arte de construir y la civilización

creciente de aquel pueblo fueron poniendo de manifiesto la supremacía de la acción del espíritu sobre el mecanismo de la ejecución, surgieron de los anteriores los *architectonites*, que ya verdaderos *artistas* en el sentido estricto de la palabra, cultivaban las artes, en que el genio fué el principal agente de producción. Y desde entonces la Arquitectura (ciencia ó profesión de estos *architectonites*) ha comprendido cuanto se refiere á la construcción en toda su generalidad, como lo prueba que á ella se aplicasen los adjetivos *naval* (Arquitectura naval), *militar* (Arquitectura militar), etc., que hoy se aplican á la Ingeniería, constituyendo carreras ó profesiones que son objeto de estudios especiales.

En la actualidad, como ya hemos indicado, los progresos realizados en los medios de producción y las necesidades crecientes de día en día, que demandan mayor cantidad y diversidad de obras, han dividido la profesión en varios ramos, reservando el nombre especial de Arquitectura al *Arte de construir los edificios habitables y sus análogos ó derivados* y dando el de Ingeniería á las *profesiones diversas, cuyo principal objeto se dirige á la actividad industrial* (1).

Existen, pues, identidad de origen y comunidad de fines en todas las manifestaciones del arte de construir, y no es nuestra especialidad la que menos puntos de contacto tiene con lo que hoy constituye el ejercicio y la competencia del Arquitecto; tanto, que en el terreno de la práctica no es fácil precisar dónde termina la una y dónde comienza la otra, pues obras de nuestra incumbencia exclusiva, como las vías férreas, por ejemplo, dan lugar á otras que, como las estaciones de cierta importancia, puede decirse que caen de lleno bajo el dominio de la Arquitectura.

La pretendida diferencia, desde el punto de vista artístico, no es, pues, tan esencial, y debe reconocerse que la estética de la forma ha de ser complemento indispensable en nuestras obras.

En algunas como las que acabamos de citar y otras de igual índole juega el Arte principalísimo papel, y en la mayoría de las restantes existen partes integrantes y elementos constitutivos que, combinados con sujeción á las reglas que el Arte enseña, producen el mismo efecto que las buenas formas y correctos modales en las gentes bien educadas.

No puede, pues, negarse la importancia que deben tener para nosotros el conocimiento y la aplicación de los principios artísticos, así como también el estudio histórico del Arte en la parte que nos atañe, pues como elemento de enseñanza retrospectiva, el más eficaz de cuantos puedan obtenerse, resume y sintetiza en la forma, como el proceso científico en lo que respecta á la parte técnica, el principio genésico y lo que pudiéramos llamar filiación de la obra, mostrando la condición moral de la sociedad en que aparece el monumento y á veces hasta el instante histórico que lo registra.

Así lo han debido entender los que, con muy buen acuerdo, han incluido en el plan de estudios de nuestra carrera la *teoría é historia del Arte*, que, constituyendo la asignatura de Arquitectura, se estudian en uno de los cursos de la Escuela; y este solo hecho, aparte las razones apuntadas, bastaría á justificar la atención que nos

(1) Clairac.—*Diccionario de Arquitectura é Ingeniería*.

merece la estética de las construcciones en la ciencia ó profesión del Ingeniero de Caminos.

Es un hecho universalmente reconocido y comprobado el positivo adelanto y constante perfeccionamiento de la civilización actual en el orden científico; la Industria hace todos los días nuevos descubrimientos creando potentes máquinas y gigantescos artefactos; la Mecánica aplica sus medios de investigación á las múltiples cuestiones que la práctica técnica é industrial le ofrecen, creando nuevas teorías y proporcionando preciosas indicaciones sobre el empleo de materiales y la adopción de formas y procedimientos desconocidos hasta ahora; la Física enriquece su vasto campo de acción con nuevos fenómenos eléctricos y el reciente y portentoso estudio de las radiaciones; la Química descubre nuevos cuerpos y nuevas propiedades y combinaciones en los conocidos; todas las ciencias, en fin, continúan su marcha progresiva y ensanchan de día en día el círculo de los conocimientos humanos, poniendo al servicio de la actividad industrial y constructora poderosos inventos de todo género, que han colocado á nuestra profesión, desde este punto de vista, á una altura envidiable y abren dilatados horizontes á la investigación científica.

Pero en materia de arte, ¿son tan manifiestos los progresos? ¿Existen en realidad? Sin que pueda contestarse de una manera categórica, lo cierto es que en este orden de ideas hoy nos encontramos reducidos á la resurrección de antiguos moldes y que no se vislumbra reacción alguna desde que la exageración del Barroquismo trajo lo que se ha llamado el período de la Restauración. Y aun cuando las cuestiones sociales, políticas y filosóficas, no trascienden al Arte en cuanto tal, que es siempre *uno* é independiente de toda extraña influencia, bien pudiera encontrarse en las tendencias filosóficas imperantes, la razón de la decadencia y postración que se observa en sus manifestaciones actuales y en las diversas ramas que abraza y formas que reviste.

El Arte es una institución eminentemente social y su historia, que es la de la humanidad, ha reflejado siempre las organizaciones de las diversas épocas: el influjo de éstas en su desarrollo está marcado con caracteres distintos en los monumentos de todo género y permite darnos cuenta de las causas de su evolución en el transcurso de los tiempos.

Al Arte moderno le falta fe y le sobra espíritu crítico; es eminentemente ecléctico y está basado en el empleo de todo género de ideas y de formas combinadas entre sí de mil maneras diversas, bajo la inspiración del criterio actual «material y utilitario más que de belleza, imitador más que original» (1). La Filosofía imperante, ya lo hemos dicho, hace sentir su influjo en todas las esferas, y el Arte, llevado de este movimiento de la época, propende y conspira á la fusión «perdiendo como las Naciones su carácter propio» (2); las formas históricas de su desarrollo se han agotado y una nueva pudiera agregarse que sintetice las tendencias actuales, y que, llámese como se quiera, es un trasunto fiel de las modernas teorías, y bajo cuyo influjo estaremos hasta que en la constante evolución

de las ideas se marque un nuevo derrotero y el gusto artístico adquiera una nueva forma.

Pero sea de esto lo que quiera, y dejando aparte digresiones que nos llevarían muy lejos, lo cierto es que el Arte se impone para dar satisfacción á los sentimientos que afectan al espíritu y á la vez para subvenir á las necesidades que la vida práctica requiere. Y siendo esto así, no cabe negar la utilidad é importancia que para nosotros tendría un tratado especial de estética que, regulando la aplicación de los principios y leyes artísticas á nuestras obras, nos sirviese de guía y auxilio poderoso en las que en adelante hayamos de proyectar. Claro está que sobre la aplicación servil y mecánica de tales leyes y principios está el propio criterio cuando se halla bien dirigido; pero esta misma dirección y educación no llega á adquirirse sino mediante un conocimiento completo de la parte teórica del Arte y un estudio arqueológico de los monumentos, materias ambas que tratadas con la extensión que se merecen, dan de sí lo suficiente para constituir un libro exclusivamente aplicado á la parte artística de las obras de Ingeniería.

Tarea es esta digna de plumas más diestras y experimentadas que la que traza estas líneas, y como por otra parte la índole de este trabajo nos concreta á apuntar algunas ideas y apreciaciones de carácter general, á ello hemos de limitarnos sin asomos de tesis demostrativa ni propósitos de sentar doctrina sobre la materia.

El objeto único y exclusivo del Arte es la determinación de la Belleza y en él sucede, como en la ciencia, que su misión está repartida conforme á su medio de expresión. Cuando éste es plástico, como en el caso que nos ocupa, su producción es durable porque aparece en el espacio, y aunque debe atención preferente á leyes mecánicas, físicas y geométricas, cuidase mucho de la forma, que si bien no demuestra á las claras el espíritu de la obra (de utilidad más ó menos positiva), revela ó debe revelar en cierto modo su objeto y destino y hasta la personalidad del autor.

La belleza, se ha dicho, es como la salud: se siente, pero no se define; es el resultado de la armonización de muchos elementos y sólo se reconoce mediante sus efectos producidos en el sujeto por la inspiración debida al genio y al sentimiento artístico y reconocidos en el objeto por la forma, tamaño, proporciones y demás condiciones á que han de satisfacer sus componentes y que en conjunto constituyen la *moción estética* y la *expresión*.

No entraremos en la enumeración y examen de los elementos que hay que considerar ni de las circunstancias á que hay que atender para conseguir la belleza en nuestras obras; pero sí haremos notar, en lo que á nuestro objeto se refiere, que el Arte que perseguimos estriba precisamente en el estudio y aplicación de esos elementos y circunstancias.

Precisamente en nuestra profesión no es donde con más facilidad se exteriorizan, y la misma variedad de nuestras construcciones, desde las más sencillas y sujetas á formularios hasta aquellas que admiten más libertad y riqueza en la decoración arquitectónica, requiere más fijeza de criterio y más conocimiento de los fundamentos

(1) Cabello y Aso.—*Estética de las Artes del Dibujo*.

(2) *Ibid.*

del Arte verdadero, para dar á cada cosa lo que es suyo, de modo que el resultado sea siempre apropiado al objeto y la obra tenga carácter, amoldando la forma al destino y revelando un pensamiento en la medida que lo consienta el asunto y que alcancen los medios materiales de que nos valemos para su expresión.

Las mismas condiciones de solidez y estabilidad requiere un depósito de agua que un viaducto, un faro que una estación de ferrocarril, y los mismos cálculos hay que hacer para dimensionar sus partes en relación con las cargas y empujes á que hayan de resistir, y sin embargo ¡qué diversidad de apariencias!; y aun en obras de la misma especie, ¡qué multiplicidad de formas pueden admitirse! En la disposición material; en la decoración y ornamentación, exuberante ó sobria, según el destino y la importancia; en el aparejo de los materiales y hasta en la elección y combinación de los mismos, pueden encontrarse medios suficientes para satisfacer á las exigencias técnicas y dar cumplimiento á la vez á las reglas y leyes que el Arte preceptúa.

(Se concluirá.)

RAMÓN S. DE LOS TERREROS.
Alumno de la Escuela de Caminos.

REVISTA EXTRANJERA

Comparación de los morteros de cemento y de cal. (1)

(Conclusión.)

Consecuencias prácticas.—«Las roturas de los macizos de fábrica sólo se pueden explicar por una rotura previa producida por extensión, y la única condición de estabilidad de estos macizos es que el esfuerzo de tensión no exceda de un límite dado.

»Para las mamposterías de cal hidráulica es prudente admitir que el trabajo de tensión será nulo; la condición de estabilidad se reducirá, por lo tanto, á que la resultante pase por el punto situado al tercio.

»Para las mamposterías de cemento, habría desperdicio de material adoptando esta condición. Los esfuerzos de tensión son admisibles y es probable que la resultante pueda pasar por el punto situado al quinto y aun al sexto de la sección.»

Los Sres. Souleyre y Anglade dan las siguientes informaciones acerca de una presa construída en los Estados Unidos:

«La fábrica es una mampostería de bloques de granito en bruto, con paramentos de sillería ligeramente desbastada.

«Esta obra va á desaparecer pronto, porque la Compañía ha obtenido, en sus estudios, resultados económicos tan favorables como en sus experimentos técnicos. Ha observado que la presa es insuficiente, y se propone construir aguas abajo otra de doble altura que la actual. La experiencia ha durado, sin embargo, lo suficiente (10 años) para demostrar que la mampostería con mezcla de mortero de cemento puede trabajar prácticamente á más de 60 kilogramos de presión por centímetro cuadrado. La presa de Bear-Valley no cubica más que la tercera parte del volumen que le hubieran asignado los ingenieros europeos. Esto prueba hasta qué punto llega nuestra ignorancia acerca de este particular.»

(1) Véase el número anterior.

En las conclusiones del trabajo de los señores Souleyre y Anglade encontramos las siguientes consideraciones:

«Las mamposterías ordinarias conservadas en el agua (mortero de 400 kilogramos de cal hidráulica por metro cúbico de buena arena) pueden resistir esfuerzos de compresión de 25 kilogramos por lo menos por centímetro cuadrado.

»Las mamposterías ordinarias con mortero de cemento (500 kilogramos de cemento por metro cúbico de buena arena) pueden sufrir esfuerzos de 8 kilogramos por extensión (mampuestos calizos) y de 70 kilogramos por compresión.

«La hipótesis de la deformación plana de las secciones es cierta, en los macizos de mampostería de cemento, para esfuerzos más considerables que en los macizos de cal hidráulica. *La mampostería de cemento es superior á la mampostería de cal hidráulica*, no sólo porque posee mayor resistencia á los esfuerzos de tensión, sino también porque los esfuerzos de esta clase que se desarrollan bajo la acción de las mismas fuerzas exteriores son más pequeños.»

Terminaremos, finalmente, estas citas, con algunos extractos de un estudio publicado en la *Construction moderne* acerca de ciertos experimentos realizados en Suiza sobre la resistencia de las cales y de los cementos. Estos experimentos se han llevado á cabo para comparar el valor de los morteros que se habían de emplear en la construcción de un puente sobre el Ródano en Ginebra.

«La resistencia de estos diversos compuestos (mortero de cemento) es, por supuesto, superior á la de las argamasas de cales hidráulicas.

»Con los productos puros, éstas daban, después de un mes, una resistencia de 100 kilogramos próximamente por centímetro cuadrado; los cementos puros llegan á 400 kilogramos.

»Los morteros de cal alcanzan solamente 50 kilogramos, en número redondo; los de cemento llegan á 200 kilogramos, cuando las proporciones de arena y de aglutinante son las mismas. Para morteros de hormigón en que va disminuyendo la proporción de cal ó de cemento, es claro que las cifras precedentes disminuyen también cada vez más.

»Para formular una regla práctica que resuma, en números redondos, estas comparaciones, se podría decir que *la resistencia de los cementos y de los morteros y hormigones compuestos con este material, es cuatro veces mayor que la de las cales hidráulicas y sus derivados.*»

Se debe observar que, en los estudios de que acabamos de hablar, se han comparado los morteros de cemento con morteros fabricados empleando la mejor cal hidráulica que se conoce; mucho más notables serían estos resultados si los ensayos se hubiesen hecho con cales hidráulicas ordinarias.

Uno de los mayores obstáculos que se oponen al desarrollo de los morteros de cemento es el temor que inspiran á los constructores los morteros áridos; el ejemplo de los 150.000 metros cúbicos de fábrica ejecutados con mortero de 250 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena en el canal de Saint-Denis y en el canal del Ourcq, por los Sres. Le Chatelier y Renaud, Ingenieros jefes de puentes y calzadas, así como tantas otras obras del mismo género, es sin embargo, concluyente en absoluto. El mortero con 250 kilogramos de cemento y aun con 200 kilogramos por metro cúbico de arena, puede emplearse sin la menor dificultad y es perfectamente seguro, aun con arena que no sea de primera calidad.